biuletyn informacyjny

1-6 '78

MERA IMM OBIEKTOWE SYSTEMY KOMPUTEROWE

Kurs przygotowawczy w zakresie automatyzacji komputerowej w przemyśle maszynowym

18-23.09.1978
ORGMASZ - IMM

Zjednoczenie Przemysłu Automatyki i Aparatury Pomiarowej „MERA"
Instytut Maszyn Matematycznych „MERA IMM" Branżowy Ośrodek INTE

DWUMIESIĘCZNIK

Wydaje: CENTRUM NAUKOWO-PRODUKCYJNE TECHNIK KOMPUTEROWYCH I POMIARÓW
INSTYTUT MASZYN MATEMATYCZNYCH
BRANŻOWY OŚRODEK INFORMACJI NAUKOWEJ TECHNICZNEJ I EKONOMICZNEJ

Druk okładki IMM zam. 34/80 nakł. 820 egz.

Biuletyn Informacyjny OBIEKTOWE SYSTEMY KOMPUTEROWE

Rok XVI Nr 1-6 1978

Streszczenie

Contents

Содержание

Od Redakcji

We wrześniu 1978 r. w Instytucie Maszyn Matematycznych został zorganizowany kurs przygotowawczy z zakresu automatyzacji komputerowej w przemyśle maszynowym. Organizatorami kursu był Instytut Organizacji Przemysłu Maszynowego "ORGMASZ" i Instytut Maszyn Matematycznych. Uczestnikami kursu byli praktycy z przemysłu maszynowego zajmujący kierownicze stanowiska we wdrażaniu automatyzacji komputerowej. Celem kursu było, a jest to zarazem celem niniejszej publikacji, ukazanie możliwości, jakie stwarza zastosowanie komputerów i techniki cyfrowej w szeroko rozumianej automatyzacji przemysłu maszynowego.

Z punktu widzenia rodzaju wykonywanych zadań oraz charakterystyki sprzętu i oprogramowania, dziedziny zastosowań komputerowych układów automatyzacji w przemyśle maszynowym można podzielić na następujące grupy:

- zarządzanie procesem produkcyjnym,
- sterowanie pojedynczymi ciągami technologicznymi lub grupami urządzeń,
- sterowanie indywidualnymi urządzeniami,
- techniczne przygotowanie produkcji.

Każda z tych dziedzin znajduje swoje odzwierciedlenie w niniejszej publikacji.

Zarządzanie procesem produkcyjnym jest omówione w trzech artykułach H.Pietrowskiego (Zintegrowany system automatyzacji przedsiębiorstw przemysłu maszynowego, Automatyzacja zarządzania przedsiębiorstwem przemysłowym, Modułowy system informatyczny MOSIP). Artykuły te przedstawiają całość problematyki w ujęciu opracowanym przez Instytut Organizacji Przemysłu Maszynowego, zaś system MOSIP stanowi konkretną propozycję w tym zakresie, przewidzianą do realizacji w przedsiębiorstwach MPM.

Interesującym rozszerzeniem tej tematyki jest artykuł M.Gronka: Rola języka opiniującego działalność przedsiębiorstwa w aspekcie porządkowania struktur organizacyjnych oraz automatyzacji.

Pomost między tematyką zarządzania procesem produkcyjnym a sterowaniem ciągami technologicznymi i grupami urządzeń stanowi praca S.Zbierskiego: Automatyczne układy i systemy wytwórcze.

Sterowanie na poziomie ciągów technologicznych i grup urządzeń jest omówione na przykładach w artykułach L.Szymańskiego (transport technologiczny), J.Stefanka (magazyny wysokiego składowania) i J.Szmyda (linie technologiczne).

Sterowanie indywidualnymi urządzeniami omówione jest na przykładach widzianych od strony urządzeń technologicznych (K.Wasiek i K.Gójski - obrabiarki sterowane numerycznie, Z.Jasińska i in. - roboty proste, A.Socha - roboty złożone) oraz na przykładzie widzianym od strony urządzenia sterującego (F.Nowak: Systemy programowanego sterowania). Artykuł F.Nowaka jest ponadto interesujący z tego względu, że zaznajamia z możliwościami, jakie daje zastosowanie sterowników programowalnych jako określonej techniki realizacyjnej automatyzacji, a jednocześnie prezentuje sterownik programowalny Pitronik PC-4k(na licencji firmy Pilz), który wszedł do produkcji w Zakładach MERA-ZAP.

Zagadnienia automatyzacji technicznego przygotowania produkcji omawia artykuł S.Bonkowicz i A.Kamińskiego.

Drugą część numeru wypełnia problematyka metod i środków realizacji automatyzacji komputerowej w przemyśle maszynowym. Praca zbiorowa pt. Podstawy budowy systemów problemowo zorientowanych na bazie środków SM EMC drugiej kolejności wprowadza w zasady wypracowane

w ramach współpracy krajów socjalistycznych w zakresie elektronicznej techniki obliczeniowej, dotyczące budowy obiektowych systemów sterowania. Artykuł ten jest ponadto istotny z tego względu, że podaje wiele wymagań i ustaleń przyjętych dla tych systemów. Ponieważ zestawy minikomputerowe rodziny SM są zarówno sprowadzane do Polski jak i przewiduje się ich produkcję w kraju - to problematyka artykułu staje się szczególnie aktualna. Z kolei artykuł K.Dzika i J.Swianiewicza zawiera informacje o komputerach rodziny JS(Riad), tj. dużych komputerach, do pracy na poziomie zarządzania.

Obok spraw systemów i sprzętu niemniej ważna jest tematyka oprogramowania. W tę tematykę wprowadza artykuł M.Woźniak i Z.Poznańskiego. Jedną z istotnych trudności we wdrażaniu komputerowych układów automatyki jest sprawa pracochłonności wytwarzania oprogramowania dla tych celów, stąd artykuł J.Mysiora traktujący o automatyzacji wytwarzania oprogramowania. Na pograniczu zagadnień systemowych i programowych leży problematyka baz danych, bardzo ważna dlatego, że każdy większy system komputerowej automatyzacji tworzy bazę danych i z niej korzysta - tę problematykę prezentuje artykuł T.Wójciekian.

Z omówionych środków można budować określone układy - w Biuletynie zawarto pewne przykłady. A.Stawowczyk omawia automatyzację pomiarów w przemyśle, na przykładzie systemu MST-1 (opracowanie UNIMA) z wykorzystaniem interfejsu IEC-488. G.Szymsiak daje wprowadzenie do systemów transmisji i teleprzetwarzania informacji. A.Król i J.Marszałek opisują system rejestracji danych w czasie rzeczywistym w sterowaniu produkcją. Opisany w tym artykule system rejestracji jest istotny dlatego, że oparty jest na rozwiązaniach (podstawowy jest terminal UKZD) wprowadzanych do produkcji w MERA-ELWRO. Jest więc niewątpliwe, że wiele zastosowań w najbliższych latach w przemyśle maszynowym będzie zrealizowanych z wykorzystaniem systemu opisanego w artykule. Z kolei H.Orłowski w swoim artykule przedstawia doświadczenia uzyskane w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów w zakresie wdrażania komputerowych układów automatyki.

Opracowywanie i wytwarzanie układów komputerowych dla zastosowań w automatyce wymaga stosowania modelowania i symulacji. Na etapie opracowywania symulacja umożliwia wykonanie prób algorytmów, mechanizmów programowych, a nawet całych programów na sprzęcie istniejącym w odpowiednio wyposażonych laboratoriach, zanim zostanie skompletowany sprzęt, przewidziany do zainstalowania na obiekcie. Umożliwia to przyspieszenie prac, dzięki możliwości zrównoleglenia prac nad sprzętem i oprogramowaniem oraz daje korzyści ekonomiczne, ponieważ sprzęt przewidziany na obiekt nie musi być przeznaczany do prac programistycznych.

Na etapie uruchamiania całego układu komputerowego, tzw. prób na platformie, symulacja umożliwia przeprowadzenie badań bez przyłączenia do rzeczywistego obiektu. Badania na platformie dają również liczne korzyści:

- są bezpieczne, ponieważ nie zagrażają działaniu obiektu,
- można badać stany nietypowe i awaryjne,
- badania można prowadzić zanim obiekt i pomieszczenia na obiekcie są gotowe,
- ponieważ próby na platformie prowadzi się u dostawcy układu komputerowego, łatwiej jest w razie potrzeby szybko zapewnić współpracę odpowiednich specjalistów.

Artykuł E.Szczep i Z.Poznańskiego, kończący niniejszy numer, dotyczy badań symulacyjnych na etapie przygotowania algorytmów sterowania procesem.

Redakcja jest świadoma, że w prezentowanych artykułach używane słownictwo nie jest jednolite. Ponieważ słownictwo to jest dopiero wypracowywane, zdecydowano się pozostawić Autorom swobodę stosowania pojęć używanych w ich środowiskach.

Redakcja pragnie również podziękować Instytutowi Organizacji Przemysłu Maszynowego "ORGMASZ" za udostępnienie materiałów kursowych a także za pomoc w merytorycznym przygotowaniu tych materiałów do druku.

Redaktor Naczelny

dr inż. Henryk PIETROWSKI

Zakład Doświadczalny
Organizacji Przedsiębiorstw "Orgum"

Zintegrowany system automatyzacji przedsiębiorstwa przemysłu maszynowego

System produkcyjny przedsiębiorstwa przemysłowego

Przedsiębiorstwo przemysłowe jest systemem produkcyjnym, tj. szczególną odmianą systemów działania. Cechą charakterystyczną tego systemu jest dominowanie procesów produkcyjnych w zbiorze procesów realizowanych w systemie. W stosunku do układów technicznych, system produkcyjny przedsiębiorstwa przemysłowego wymaga bardziej złożonego modelowania, co wynika z następujących przesłanek:

- system produkcyjny przedsiębiorstw należy do kategorii systemów społecznych,
- występuje ogromne zróżnicowanie procesów realizowanych w systemie produkcyjnym,
- procedury modelowania składników systemu produkcyjnego wykazują dużą odrębność.

Metodologiczną podstawę systemowej interpretacji przedsiębiorstwa przemysłowego stanowią następujące twierdzenia:

- wszystkie zbiory będące systemami przejawiają określoną logikę swego stanu;
- stany systemów mogą posiadać ogromną, jednak skończoną liczbę elementów składowych i relacji między nimi;
- system i jego elementy składowe można scharakteryzować za pomocą zbioru cech. Obejmuje on:

  - dwie cechy kształtujące (kształtowane przez otoczenie systemu):

a) cele,
b) warunki ograniczające,

  - trzy cechy strukturalne:

c) zasoby materialne,
d) procesy transformacji (gospodarowania) tych zasobów,
e) funkcje sterowania (obiektami sterowania są procesy) i zarządzania (obiektami zarządzania są pracownicy).

Zgodnie z powyższymi twierdzeniami przedsiębiorstwo przemysłowe jest systemem produkcyjnym, którego logikę odwzorowuje syntetyczny model, przedstawiony na rys. 1. W modelu tym występuje trójstopniowa struktura logiczna:

SYSTEM
|
UKŁAD (system jednorodny)
|
FUNKCJA

System produkcyjny stanowi zbiór czterech układów:

- układ sterowania przebiegiem procesów, w którym realizowane są procesy transformacji zasobów materialnych oraz danych sterujących tymi procesami;
- układ rozmieszczenia przestrzennego zasobów, stanowiący statyczny składnik systemu;
- układ zarządzania, w którym realizowane są procesy przetwarzania danych do celów zarządzania;
- układ techniczny, w którym realizowane są procesy technicznego przygotowania produkcji.

Podstawowymi elementami struktury logicznej systemu produkcyjnego są funkcje układów sterowania i zarządzania. Są one generatorami informacji i regulują jej przepływ kanałami wiążącymi układy w

spójną całość. Charakterystykę informacji przepływającej poszczególnymi kanałami podano w tabeli 2. Struktura logiczna reprezentuje uniwersalne własności systemu produkcyjnego dowolnego przedsiębiorstwa przemysłowego. Specyficzne dla określonego przedsiębiorstwa własności reprezentują natomiast dwie pozostałe cechy strukturalne systemu, tj. zbiory zasobów materialnych i procesów ich transformacji, tworzące jego strukturę fizyczną (rys. 1):

Tab. 1.

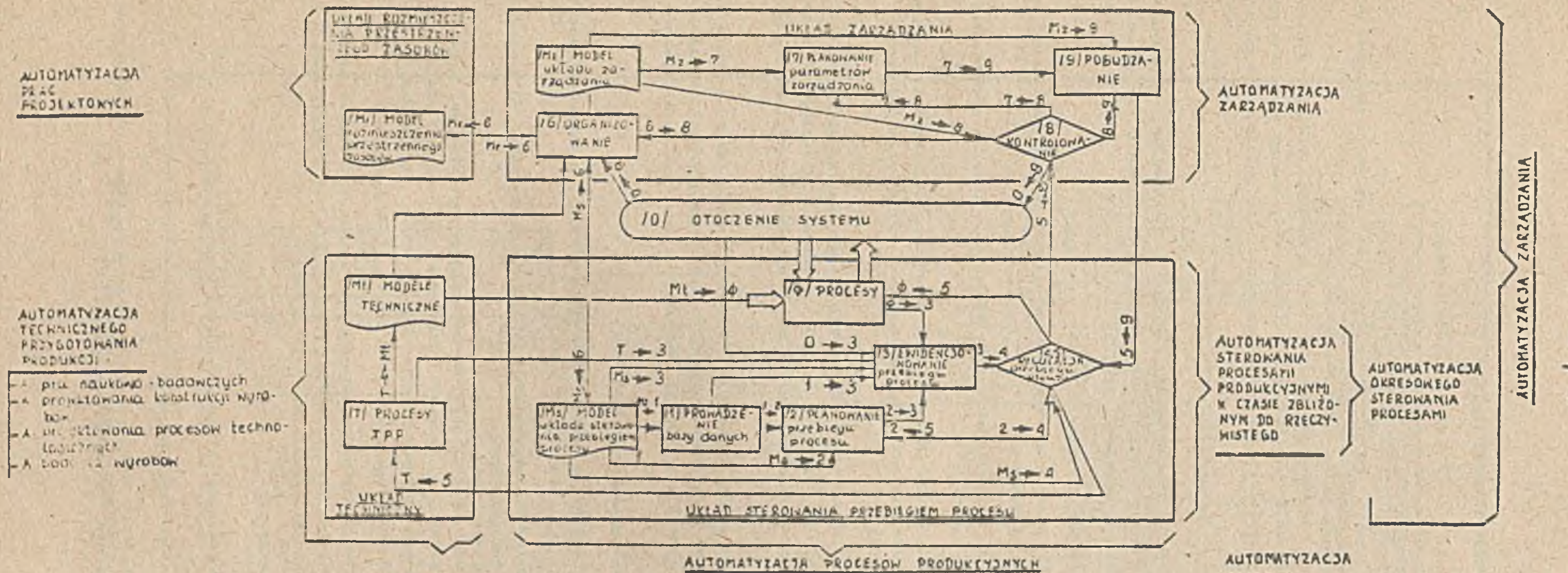
Charakterystyka kanałów informacyjnych

KOD KANAŁU	INFORMACJE
0 → 3	Informacje o zasilaniu systemu zasobami lub usługami otoczenia
0 → 8	Parametry zarządzania z otoczenia systemu
T → Mt → Ø	Modele techniczne
T → 3	Informacje o przebiegu procesów tworzenia modeli
Ø → 3	Informacje o przebiegu procesów produkcyjnych
1 → 2, 1 → 3	Informacje zawarte w bazie danych
2 → 3, 2 → 4	Informacje o planowanym przebiegu procesów
3 → 4	Informacje ewidencyjne
5 → 0	Dyspozycje wykonania procesów
5 → 2	Dyspozycje zaktualizowania danych o planowanym przebiegu procesów
5 → 8	Informacje do zarządzania
5 → T	Dyspozycje wykonania procesów tworzenia modeli technicznych
6 → Ms → 1	Procedury prowadzenia bazy danych
6 → Ms → 2	Procedury planowania przebiegu procesów
6 → Ms → 3	Procedury ewidencjonowania przebiegu procesów
6 → Ms → 4	Procedury regulowania przebiegu procesów
6 → Mz → 7	Procedury planowania parametrów zarządzania
6 → Mz → 8	Procedury kontrolowania parametrów zarządzania
6 → Mz → 9	Procedury pobudzania
7 → 8, 7 → 9	Informacje o planowanych parametrach zarządzania
8 → 6	Informacje o odchyleniach od planowanych parametrów zarządzania, wskazujących na celowość zmiany modeli organizacyjnych
8 → 7	Dyspozycje dotyczące aktualizacji danych o planowanych parametrach zarządzania
8 → 9	Decyzje niezrutynizowane dotyczące układu sterowania
8 → 0	Informacje do otoczenia systemu
9 → 5	Parametry zarządzania (z wyjątkiem modeli organizacyjnych), pobudzające układ sterowania i ludzi

Zbiór zasobów materialnych przedsiębiorstwa przemysłowego obejmuje 9 klas:

1 - produkty podstawowe,
2 - środki trwałe,
3 - energia i nośniki energetyczne,
4 - pomoce warsztatowe
5 - materiały,
6 - zasoby ogólnego przeznaczenia,
7 - załoga
8 - środki finansowe
9 - zasoby nieprzemysłowe.

Rys. 1. Model systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa przemysłowego i obszary automatyzacji



KLASA ZASOBÓW \ KLASA PROCESÓW		TECHNICZNE PRZYGOTOWANIE PROCESÓW	ZASILANIE SYSTEMU ZASOBAMI I USŁUGAMI OTOCZENIA	SKŁADOWANIE ZASOBÓW	TRANSPORT ZASOBÓW	PROCES TECHNOLOGICZNY	PROCES OBSŁUGI	KONTROLA JAKOŚCI	ZASILANIE OTOCZENIA ZASOBAMI I USŁUGAMI SYSTEMU
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUKTY PODSTAWOWE	1								
ŚRODKI TRWAŁE	2								
ENERGIA I NOŚNIKI ENERGETYCZNE	3								
POMOCE WARSZTATOWE	4								
MATERIAŁY	5								
ZASOBY OGÓLNEGO PRZEZNACZENIA	6								
ZAŁOGA	7								
ŚRODKI FINANSOWE	8								
ZASOBY GOSPODARKI NIEPRZEMYSŁOWEJ	9								

AUTOMATYZACJA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH

- A. procesów kształtowania pierwotnego
- A. obróbki plastycznej
- A. obróbki ubytkowej
- A. obróbki przez dodawanie materiału
- A. obróbki temperaturowej bez zmiany kształtu
- A. montowania
- A. innych procesów technologicznych
- A. linii produkcyjnych

Zbiór procesów transformacji zasobów materialnych obejmuje 8 klas:

1 - techniczne przygotowanie procesów,
2 - zasilanie systemu zasobami i usługami otoczenia,
3 - składowanie zasobów,
4 - transport zasobów,
5 - proces technologiczny,
6 - procesy obsługi,
7 - kontrola jakości,
8 - zasilanie otoczenia zasobami i usługami systemu.

Dysponowanie sklasyfikowanymi do trzeciego stopnia podziału zbiorami cech strukturalnych systemu produkcyjnego, umożliwia odwzorowanie działania dowolnego przedsiębiorstwa. Wymaga to jednak zdefiniowania relacji między zbiorami cech strukturalnych, wiążących rozdzielne zbiory w spójną architekturę systemu.

Przyjąć należy następujące zasady:

- Fizyczną architekturę systemu produkcyjnego tworzą moduły **fizyczne (realizacyjne)**, skomponowane przez odniesienie procesu do zasobu materialnego, który podlega transformacji. Przykład rozwinięcia klasyfikatora do stopnia trzeciego podano na rys. 2.
- Logiczną architekturę systemu produkcyjnego tworzą:
  - moduły informacyjne układu sterowania, skomponowane przez odniesienie funkcji sterowania do obiektu sterowanego, którym jest moduł **fizyczny**.
  - moduły informacyjne układu zarządzania, skomponowane przez odniesienie funkcji zarządzania do obiektu zarządzania, którymi są pracownicy.
- Zintegrowaną architekturę systemu produkcyjnego tworzą moduły organizacyjne, skomponowane przez odniesienie podzbiorów modułów informacyjnych obu układów oraz układu rozmieszczenia przestrzennego zasobów do modułu **fizycznego**.

Odwzorowanie systemu produkcyjnego jako pełnej kompozycji modułów trzeciego stopnia jest jednak praktycznie niemożliwe ze względu na wielką liczbę składników i dowodzi szczególnej złożoności systemu. Do celów modelowania tak złożonych systemów należy zatem wykorzystać następujące założenie metodologiczne:

modelowanie systemu polega na homorficznym (jednostronnie jednoznacznym) odwzorowaniu systemu rzeczywistego w taki sposób, aby model opisywał działanie systemu rzeczywistego w granicach ustalonych norm odchyleń; tylko dla istotnych elementów i relacji odwzorowanie musi być izomorficzne (dwustronnie jednoznaczne).

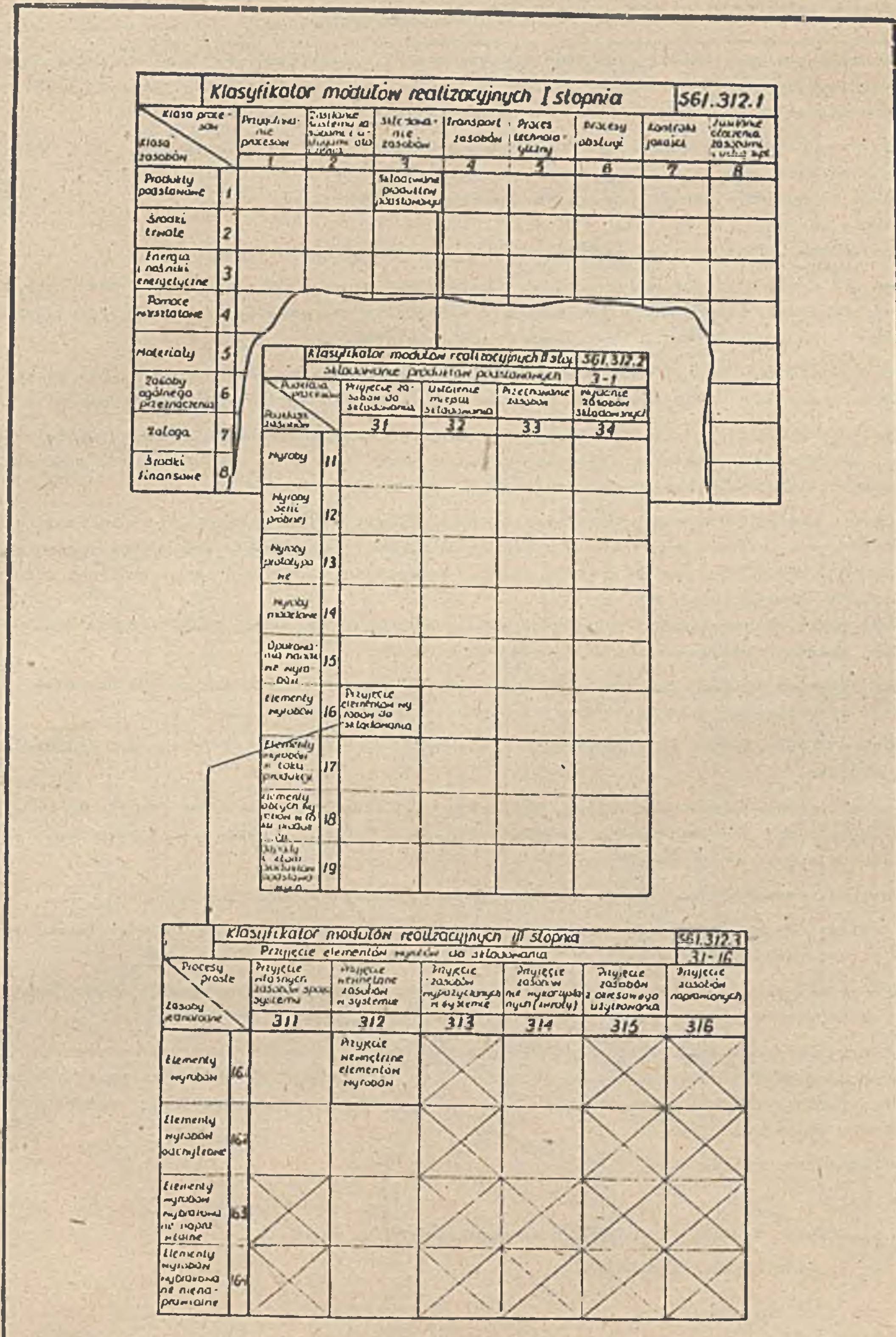
Praktyczne wykorzystanie tego założenia oznacza, że:

- model jednoznacznie odwzorowuje tylko istotne, z punktu widzenia kryteriów skuteczności działania, moduły systemu rzeczywistego,
- pozostałe moduły, mające dominujący udział w architekturze systemu produkcyjnego, są odwzorowane z celowo założonym uproszczeniem lub pomijane;
- do celów modelowania systemu produkcyjnego, należy skomponować architekturę systemu, którego fizycznymi składnikami są obiekty sterowania, tj. moduły **fizyczne**. Tworzą one obszar działania przedsiębiorstwa, który powinien być sterowany według jednego modelu, ze względu na silne i bezpośrednie sprzężenia regulujące przebiegi procesów w nim realizowanych.

Odpowiednio do przedstawionej interpretacji systemu produkcyjnego, istnieje celowość "wyodrębnienia" obszarów automatyzacji przedsiębiorstwa przemysłowego (rys. 1). Zgodnie z klasyfikacją obowiązującą w resorcie przemysłu maszynowego wyodrębnia się 5 obszarów:

- automatyzację technicznego przygotowania produkcji,
- automatyzację procesów produkcyjnych,
- automatyzację sterowania procesami produkcyjnymi (w uproszczeniu sterowania produkcją),
- automatyzację zarządzania,
- automatyzację prac projektowych.

Integracja rozwoju automatyzacji w powyższych obszarach, polegać musi na stosowaniu tych samych zasad, które obowiązują w procesie modelowania systemu produkcyjnego.



Rys. 2. Klasyfikator modułów realizacyjnych

Hierarchiczna integracja systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa

W warunkach wielopoziomowej struktury organizacyjnej przedsiębiorstw, musi występować przepływ informacji integrującej poszczególne poziomy tej struktury. Schemat takiej integracji hierarchicznej przedstawiono na rys. 3. W strukturze tej wyróżniono pięć poziomów:

- Poziom Ø - systemy bezpośredniego sterowania procesami w czasie rzeczywistym (NC i CNC - Computer Numerical Control). Obejmują one sterowanie:
  - ruchami urządzeń wykonawczych maszyn i urządzeń technicznych,
  - aktywną kontrolą,
  - czynnościami przygotowawczo-zakończeniowymi (przezbrojenie maszyny).
- Poziom 1 - systemy sterowania procesami w czasie zbliżonym do rzeczywistego (DNC - Direct Numerical Control). Obejmują obo bezpośrednie sterowanie procesami, przebiegającymi w odcinkach produkcyjnych i wydzielonych magazynach (rozdzielniach).
- Poziom 2 - lokalne systemy przetwarzania danych. Obejmują one okresowe sterowanie wyspecjalizowanymi procesami, przebiegającymi w komórkach oddalonych od centrum komputerowego.
- Poziom 3 - centralny system okresowego sterowania procesami przebiegającymi w przedsiębiorstwie. Jest to poziom integrujący przepływ informacji, oparty na centralnej bazie danych, eksploatowanej na głównym komputerze systemu.
- Poziom 4 - system zarządzania przedsiębiorstwem. Wykorzystując informacje z otoczenia oraz wyselekcjonowane informacje płynące z niższych poziomów, system ten wspomaga podejmowanie decyzji kierowniczych. Ten poziom posiada własną, wewnętrzną hierarchię, odpowiadającą strukturze zarządzania przedsiębiorstwa.

Taki model hierarchicznej integracji wymaga przyjęcia koncepcji rozproszonego przetwarzania danych, charakteryzującego się następującymi cechami:

- jest systemem wieloprocesorowym, ze specjalizacją procesorów do realizacji określonych funkcji i wyposażeniem odległych węzłów systemu w odpowiednią inteligencję,
- występuje rozproszone przetwarzanie i przesyłanie danych w różnych obszarach działania przedsiębiorstw,
- występuje rozproszona baza danych, tzn. zbiory są fizycznie ulokowane tam, gdzie najczęściej są użytkowane, przy zachowaniu warunku dostępności do określonych części bazy danych z odpowiednich węzłów sieci komputerowej,
- występują standardy wspólne dla całego systemu informatycznego, obejmujące:
  a) obligatoryjne - definicje danych i relacje między nimi, algorytmy oraz zasady dostępności i zabezpieczenia danych,
  b) opcyjne (ze względu na ograniczenia sprzętowe) - przenośność programów między węzłami sieci komputerowej.

Strukturę hierarchicznego systemu można opisać za pomocą trzech modeli matematycznych, z których każdy jest odpowiednio zbudowanym grafem $G = (X,U)$, gdzie X jest zbiorem wierzchołków grafu odpowiadających węzłom sieci, zaś $U \subseteq X \times X$ jest zbiorem łuków reprezentujących oddziaływanie między węzłami*.

- graf techniczny sieci

$G_T = X_T, U_T$

gdzie: X_T - zbiór środków technicznych stanowiących węzły sieci

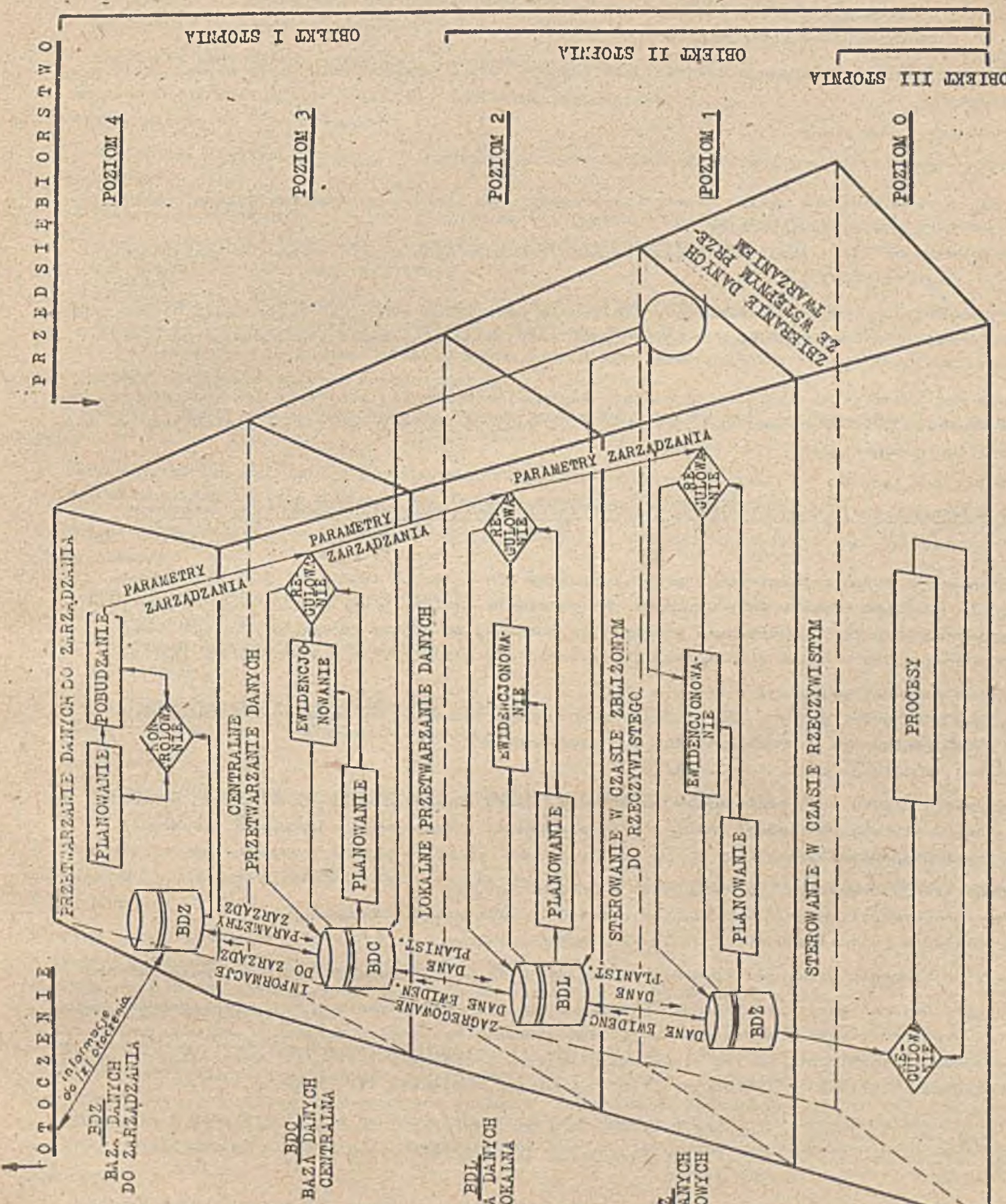
U_T - zbiór kanałów łączności

- graf funkcjonalny sieci

$G_F = (X_F, U_F)$

---

* Instytut Matematyki Politechniki Warszawskiej: Materiały na seminarium naukowe, październik 1977 r.



Rys. 3. Integracja hierarchiczna systemu produkcyjnego

gdzie: X_F - zbiór funkcjonalnych węzłów sieci (źródeł informacji i węzłów wnoszących opóźnienie informacji)

U_F - zbiór środków technicznych

Graf funkcjonalny odwzorowuje rozdzielenie funkcji, wykonywanych przez sieć, między węzły grafu fizycznego.

- graf syntaktyczny sieci

$G_S = (X_S, U_S)$

gdzie: X_S - podzbiór tych węzłów sieci, które zgodnie ze stosowanym oprogramowaniem, umożliwiają funkcjonowanie sieci

U_S - zbiór zasad współdziałania programów realizowanych w poszczególnych węzłach (zbiór protokółów)

Graf syntaktyczny pozwala zdefiniować sterowanie przepływem strumieni informacji, zasady komutacji informacji, metody koncentracji przepływu, przyjmowania informacji przez maszynę cyfrową itp.

Strukturze sieci można nadać różną postać. Zoptymalizowanie tej struktury dla konkretnego przedsiębiorstwa jest problemem strategicznym i decyduje o ogólnej sprawności i efektywności działania systemu produkcyjnego.

Koncepcja kompleksowej (zintegrowanej) automatyzacji przedsiębiorstw przemysłu maszynowego

Strategicznym celem automatyzacji przedsiębiorstw MPM w latach 1978-1990 jest osiągnięcie szczególnie wysokich efektów gospodarczych. Na podstawie analizy programów rozwoju automatyzacji, opracowanych przez zjednoczenia przemysłowe oceniam, że efekty pełnej realizacji zadań ujętych w programach w skali resortu mogłyby wyrazić się w 1990 r., w porównaniu do 1977 r.

- wzrostem wartości produkcji o 450 mld zł,
- wzrostem wydajności pracy o 380 tys.zł w roku na 1 pracownika, co oznacza wyeliminowanie potrzeby dodatkowego zatrudnienia 420 000 pracowników
- wzrostem akumulacji o ok. 50 mld zł.

Rzeczywiste efekty będą uzależnione od środków, które resort przeznaczy na rozwój automatyzacji oraz od stopnia realizacji strategii tego rozwoju. Podstawowymi elementami strategii wysokoefektywnej automatyzacji są:

- racjonalizacja przedsięwzięć związanych z automatyzacją,
- system preferencji rozwoju określonych obszarów i obiektów automatyzacji,
- kompleksowość automatyzacji.

Dwa pierwsze elementy strategii stanowią oddzielny problem, zdefiniowany w innych materiałach.

Strategia automatyzacji kompleksowej polega na znacznym zwiększeniu ogólnej efektywności automatyzacji drogą poziomego i hierarchicznego zintegrowania wszystkich działań w procesie automatyzacji obiektów, niezależnie od ich wielkości (zakładów - obiektów I stopnia, wydzielonych komórek organizacyjnych - obiektów II stopnia, stanowisk pracy - obiektów III stopnia).

Kompleksowość automatyzacji oznacza przede wszystkim zastosowanie teorii systemów i sterowania w całym cyklu prac naukowo-badawczych i projektowo-wdrożeniowych związanych z automatyzacją obiektów. Wynikają z tego następujące zasady.

- Obowiązuje optymalizacja relacji między obiektem a systemem automatyki tego obiektu. Wynika to z faktu, że efekt automatyzacji zależy w równej mierze od stopnia przystosowania środków (urządzeń) automatyki do automatyzowanego obiektu (maszyn i urządzeń), jak i od przystosowania automatyzowanego obiektu do możliwości oraz wymagań środków automatyki. Przez zastosowanie optymalnych środków technicznych i rozwiązań w poszczególnych obszarach automatyzacji obiektu następuje:

- wyrównanie i podniesienie sprawności tych obszarów, tj. technicznego przygotowania produkcji, procesów produkcyjnych, sterowania tymi procesami i zarządzania,
- obniżenie ogólnych nakładów na automatyzację obiektu.

● Automatyzacja powinna być wynikiem działań zintegrowanych.
Wymaga się zatem zapewnienia:

- integracji międzyobszarowej, polegającej na integrowaniu działań w poszczególnych obszarach automatyzacji,
- integracji hierarchicznej, polegającej na integrowaniu automatyzacji obiektów powiązanych hierarchicznie w strukturze organizacyjnej przedsiębiorstwa (zob. pkt "hierarchiczna integracja systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa"),
- integracja cyklu automatyzacji, polegającej na zdefiniowaniu kompleksowej (optymalnej ze względu na kryterium efektywności) struktury zautomatyzowanych procesów przetwarzania zasobów materialnych i procesów przetwarzania danych oraz na osiąganiu poziomu kompleksowego, kolejnymi poziomami rozwoju automatyzacji.

Strukturę automatyzacji kompleksowej, można przedstawić jak na rys. 4. Charakteryzują ją trzy cechy.

● Poziom automatyzacji, który określa udział zautomatyzowanych czynności w ogólnej ich liczbie. Wyróżniono trzy kolejne poziomy, tj. bazowy, rozwinięty i kompleksowy.

● Obszar automatyzacji, który określa układ podlegający automatyzacji (rys. 1). Wyróżniono cztery obszary:

- techniczne przygotowanie produkcji,
- procesy produkcyjne,
- sterowanie procesami produkcyjnymi,
- zarządzanie.

● Obiekt automatyzowany, który określa jednostkę organizacyjną, podlegającą automatyzacji. Wyróżniono trzy stopnie obiektu automatyzacji:

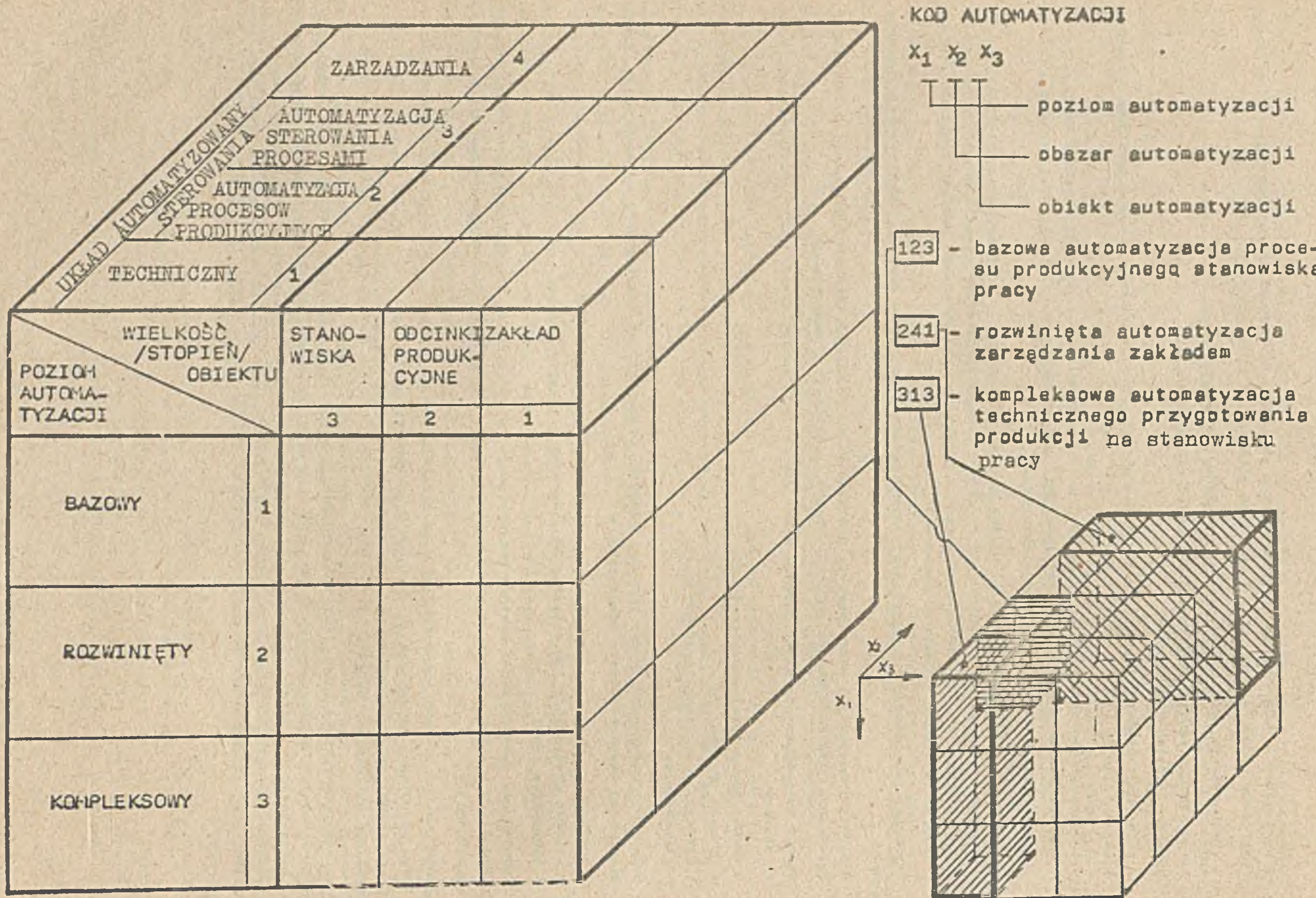
- zakład,
- odcinek produkcyjny lub równorzędną jednostkę administracyjną,
- stanowisko pracy.

Kompleksowa automatyzacja zakładu przemysłowego (automatyzacja I stopnia) może być osiągnięta sukcesywnie w różnych wariantach cyklu automatyzacji, zależnie od konkretnych warunków (potrzeb i ograniczeń):

● drogą rozwoju poziomu automatyzacji w poszczególnych obszarach,
● drogą stopniowej automatyzacji obiektów w zakładzie,
● drogą równoległej automatyzacji w wybranych obszarach i wybranych obiektów.

Optymalny jest wariant ostatni.

Na sumaryczny efekt kompleksowej automatyzacji składają się efekty powstające jako pośredni wynik automatyzacji poszczególnych obszarów oraz efekt pośredni, uzyskiwany w wyniku kompleksowości automatyzacji. Analiza tego problemu wykazuje, że wielkość pośredniego efektu kompleksowej automatyzacji jest bardzo znaczna. Ocenia się, że w resorcie przemysłu maszynowego efekt ten, wyrażający się skróceniem okresu zwrotu nakładów na automatyzację, osiągnie w okresie 1978 - 1990 0,6 roku.



Rys.4 Struktura zintegrowanej automatyzacji

CECHA \ FAZA ROZWOJU		1978 - 1980	1981 - 1985	1986 - 1990
Efektywność /zwrot nakładów w latach/		stosunkowo niska /3,5/	rosnąca /3,0/	wysoka /2,0/
Oddziaływanie uwarunkowań /zagrożenia/	Kadry	silne /43/	malejące /25/	słabe /15/
	Środki techniczne automatyki	silne /55/	malejące /35/	znaczące /25/
	Środki finansowe	silne /43/	silne /40/	słabe /17/
	Czynniki organizacyjne	silne /53/	malejące /33/	znaczące /23/
Wdrażanie automatyzacji	Pilotowe	intensywne II i III stopnia	I stopnia	intensywne I stopnia
	Upowszechnienia	II i III stopnia	intensywne II i III stopnia	intensywne II i III stopnia
Preferencje		1976 słabe, 1980 silne	bardzo silne	silne
System sterowania rozwojem automatyzacji		silnie scentralizowany	scentralizowany	Scentralizowana strategia, zdecentralizowane sterowanie taktyczne i operacyjne
Cecha strukturalna		Przygotowanie i pilotowe wdrożenia automatyzacji kompleksowej	Wdrażanie automatyzacji kompleksowej	Rozwój automatyzacji wielkoobiektowej

Tabela 2. Charakterystyka rozwoju automatyzacji kompleksowej przedsiębiorstwa MPM w latach 1978 - 1980

Cykl rozwoju automatyzacji kompleksowej przedsiębiorstw MPM do 1990 r.

Zintegrowanie procesu rozwoju automatyzacji przedsiębiorstw MPM oraz narastanie efektu kompleksowości, dokonywane może być stopniowo. W związku z tym w rozwoju tym można wyróżnić kilka faz, scharakteryzowanych w tabeli 2. Widoczne są w niej bardzo znaczne wzrastanie efektywności oraz zmiany nasilenia uwarunkowań rozwoju automatyzacji, a także zmiany innych cech rozwoju w poszczególnych jego fazach. Powstawać one będą w wyniku stosowania przyjętej strategii i działające w sprzężeniu zwrotnym, wymagać będą odpowiedniego rozwinięcia tej strategii w poszczególnych fazach rozwoju, bez naruszenia jej linii zasadniczej. Struktura cyklu rozwoju (wg autora) powinna być

- I faza rozwoju: do 1978 r.

W tej fazie nastąpił intensywny wzrost wyposażenia przedsiębiorstw MPM w środki techniczne automatyzacji dwóch tylko obszarów: procesów produkcyjnych (maszyny i urządzenia pracujące w pełnym lub częściowym cyklu automatycznym) oraz zarządzania (komputerów średniej wielkości o ograniczonej konfiguracji). W tych obszarach automatyzacji dominowały rozwiązania autonomiczne, nie integrowane w kompleksowe systemy automatyzacji przedsiębiorstw. Narastała dysproporcja między techniczno-eksploatacyjnymi możliwościami zainstalowanych środków automatyki, a rzeczywistym ich wykorzystaniem. Natomiast automatyzacja w pozostałych dwóch obszarach (w technicznym przygotowaniu produkcji i w sterowaniu procesami produkcyjnymi) była w stadium początkowym (wycinkowe rozwiązania).

- II faza rozwoju: lata 1978 - 1980

Jest to faza wszechstronnego przygotowania i pilotowania wdrożeń automatyzacji kompleksowej. Charakteryzują ją:

- intensywne i wszechstronne działania organizacyjne zmierzające do podniesienia stosunkowo niskiej jeszcze efektywności,
- silne oddziaływanie uwarunkowań rozwoju automatyzacji,
- intensywne wdrożenia pilotowych rozwiązań automatyzacji II i III stopnia oraz pierwsze ich rozpowszechnienia,
- tworzenie skutecznego systemu preferencji w rozwoju automatyzacji,
- silnie scentralizowany system sterowania rozwojem automatyzacji.

- III faza rozwoju: lata 1981 - 1985

Jest to faza wdrażania automatyzacji kompleksowej. Charakteryzują ją:

- opanowywanie procesu zintegrowanej automatyzacji,
- stopniowe osłabienie oddziaływania uwarunkowań rozwoju automatyzacji,
- intensywne wdrożenia automatyzacji obiektów II i III stopnia oraz pierwsze wdrożenia pilotowe automatyzacji obiektów I stopnia (zakładów przemysłowych),
- bardzo silne oddziaływanie systemu preferencji w rozwoju automatyzacji,
- utrzymywanie się scentralizowanego systemu sterowania rozwojem automatyzacji.

- IV faza rozwoju: lata 1986 - 1990

Jest to faza rozwoju kompleksowej automatyzacji wielkoobiektowej (zakładów przemysłowych). Charakteryzują ją:

- uzyskanie wysokiej efektywności automatyzacji,
- stosunkowo słabe oddziaływanie uwarunkowań rozwoju automatyzacji,
- intensywne wdrożenia pilotowe automatyzacji kompleksowej wielkich obiektów (I stopnia) oraz szerokie upowszechnienia automatyzacji kompleksowej obiektów II i III stopnia,
- utrzymywanie się silnego oddziaływania systemu preferencji w rozwoju automatyzacji,
- utrzymywanie się scentralizowanych strategii rozwoju automatyzacji przy zdecentralizowanym sterowaniu taktycznym i operacyjnym.

dr inż. Henryk PIETROWSKI

Zakład Doświadczalny
Organizacji Przedsiębiorstw "Orgam"

Automatyzacja zarządzania przedsiębiorstwem przemysłowym

Wprowadzenie

Artykuł jest rozwinięciem opracowania pt. "Zintegrowany system automatyzacji przedsiębiorstw przemysłu maszynowego" w obszarze zarządzania. W szczególności, jako założenia metodologiczne, przyjęto z niego:

- model systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa i jego fizyczną strukturę (rys. 1),
- schemat integracji hierarchicznej systemu produkcyjnego (rys. 3),
- strukturę kompleksowej automatyzacji (rys. 4).

Odpowiednio do tych założeń:

- obiektem zarządzania jest przedsiębiorstwo (obiekt I stopnia), stanowiące zbiór obiektów niższego (II stopnia);
- w strukturze hierarchicznej systemu produkcyjnego, zarządzanie obejmuje trzy poziomy:
  poziom 2 - lokalne (okresowe) sterowanie procesami,
  poziom 3 - centralne (okresowe) sterowanie procesami,
  poziom 4 - zarządzanie przedsiębiorstwem;
- obiektami sterowania są procesy technicznego przygotowania produkcji (klasa 1) oraz procesy produkcyjne (klasy 2-8);
- obszar zarządzania nie obejmuje sterowania w czasie rzeczywistym i zbliżonym do rzeczywistego procesami, realizowanymi w obiektach II i III stopnia;
- na wszystkich poziomach hierarchicznego systemu produkcyjnego obowiązywać muszą wspólne standardy. Oznacza to, że istnieją również wspólne klasyfikatory elementów składowych struktury fizycznej i logicznej systemu.

Ponieważ istnieje ogromne zróżnicowanie stosowanych klasyfikatorów funkcji zarządzania, w artykule przedstawiono ten problem na przykładzie klasyfikatorów opracowanych przez Instytut Organizacji Przemysłu Maszynowego, mających spełnić rolę zunifikowanego zbioru funkcji dla przedsiębiorstw MPM.

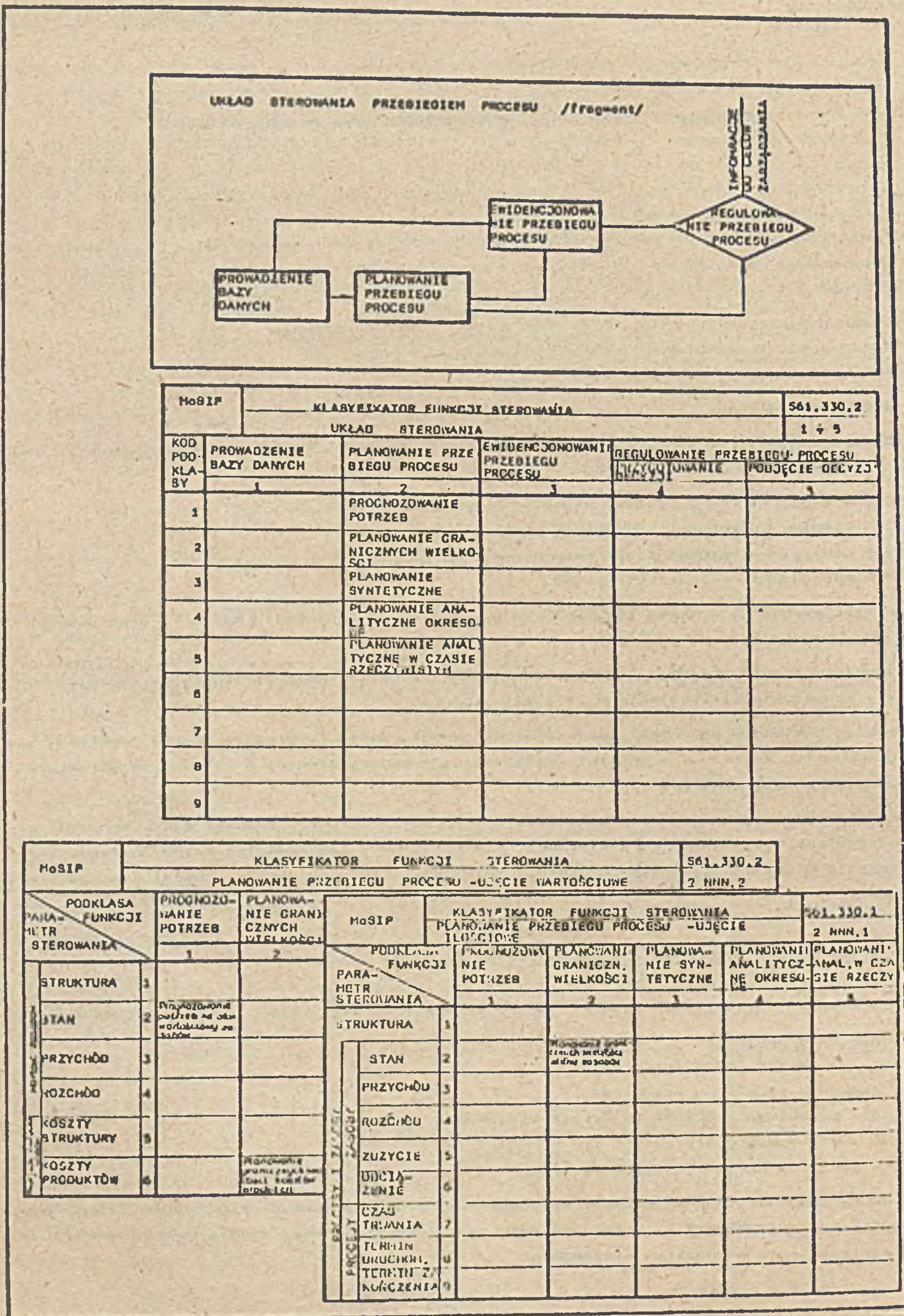
Zbiór funkcji sterowania procesami i zarządzania

Zgodnie z interpretacją systemu produkcyjnego, wyróżniono pięć klas funkcji sterowania:

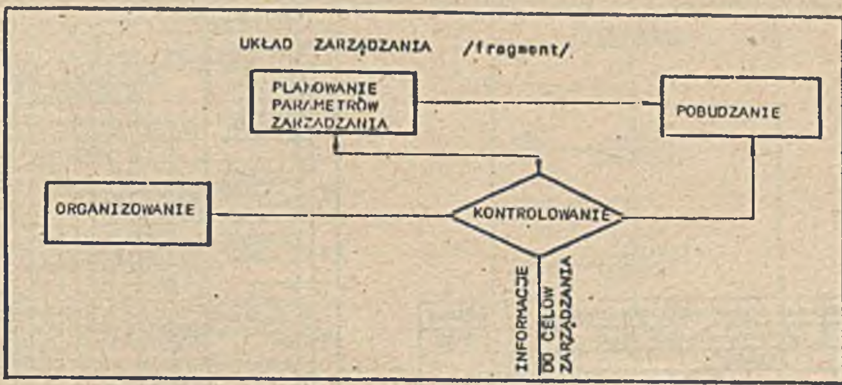
1 - prowadzenie bazy danych,
2 - planowanie przebiegu procesów,
3 - ewidencjonowanie przebiegu procesów,
  - regulowanie przebiegu procesów, w którym wyróżniono
4 - I fazę - przygotowanie decyzji,
5 - II fazę - podjęcie decyzji zrutynizowanej.

Ze względu na odmienność proceduralną, wyróżniono 33 podklasy funkcji sterowania. Standardowy klasyfikator funkcji sterowania trzeciego stopnia utworzono przez skojarzenie podklas funkcji i dziewięciu następujących parametrów sterowania:

1 - struktura zasobów i procesów,
2 - stan zasobów,
3 - przychód zasobów,
4 - rozchód zasobów,
5 - obciążenie zasobów,
6 - zużycie zasobów,



Rys. 1. Klasyfikator funkcji sterowania



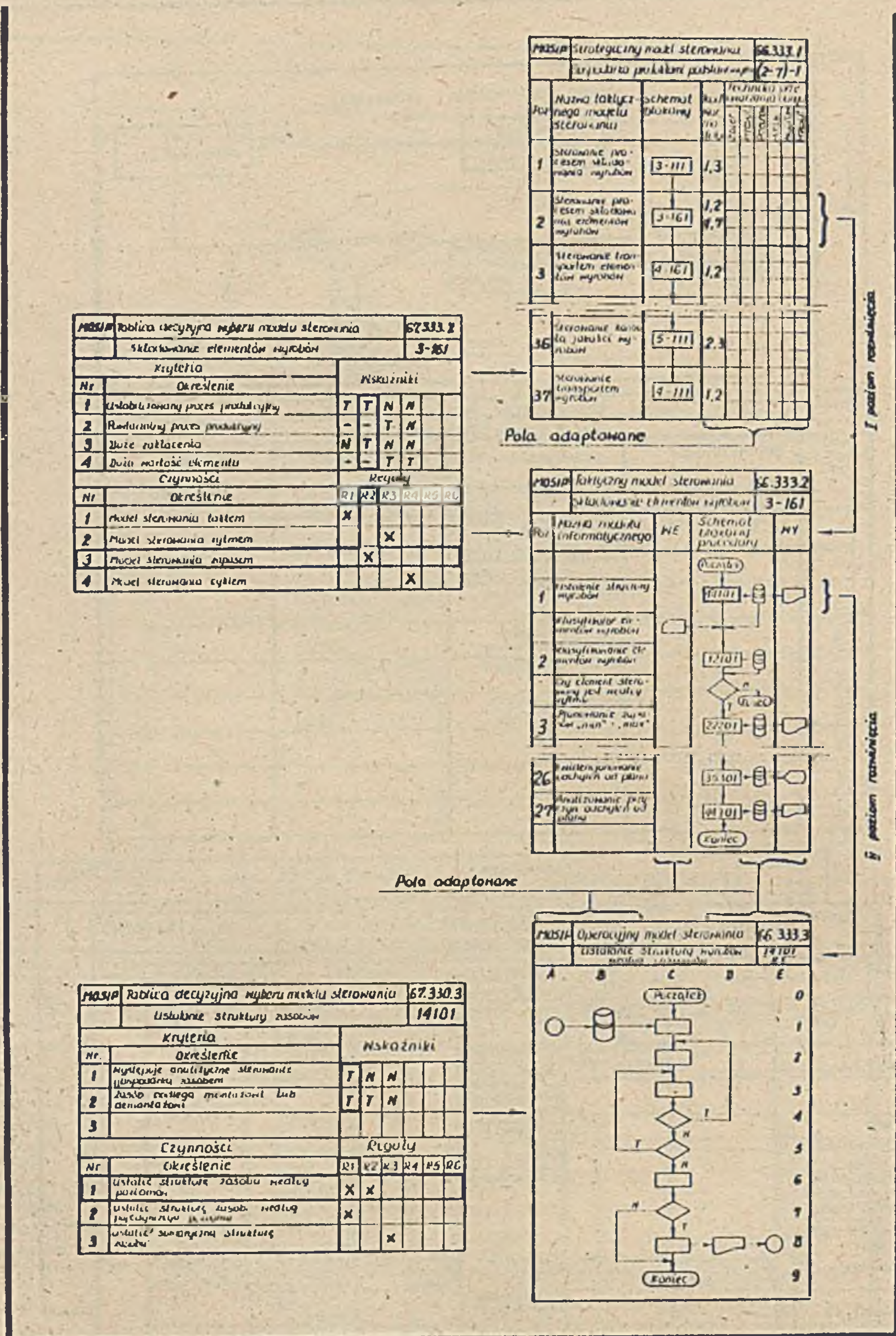
MoSIP	KLASYFIKATOR FUNKCJI ZARZĄDZANIA Z A R Z Ą D Z A N I E			S61.5NN.2 6 ÷ 9
KOD PODKLASY	ORGANIZOWANIE	PLANOWANIE	KONTROLOWANIE	POBUDZANIE
	1	2	3	4
1		Okresowe rozmieszczenie nie standardowego parametru		
2		Okresowe przemieszczenie standardowego parametru		
3		Wybór kryteriów oceny		
4		Ustalenie wagi kryteriów oceny		
5		Wybór mierników oceny		
6		Wybór algorytmu miernika oceny		
7				
8				
9				

MoSIP	KLASYFIKATOR FUKCJI ZARZĄDZANIA PLANOWANIE PARAMETRÓW ZARZĄDZANIA STRATEGICZNE	S61.5NN.1 6

MoSIP	KLASYFIKATOR FUNKCJI ZARZĄDZANIA PLANOWANIE PARAMETRÓW ZARZĄDZANIA TAKTYCZNE	S61.5NN.2 6

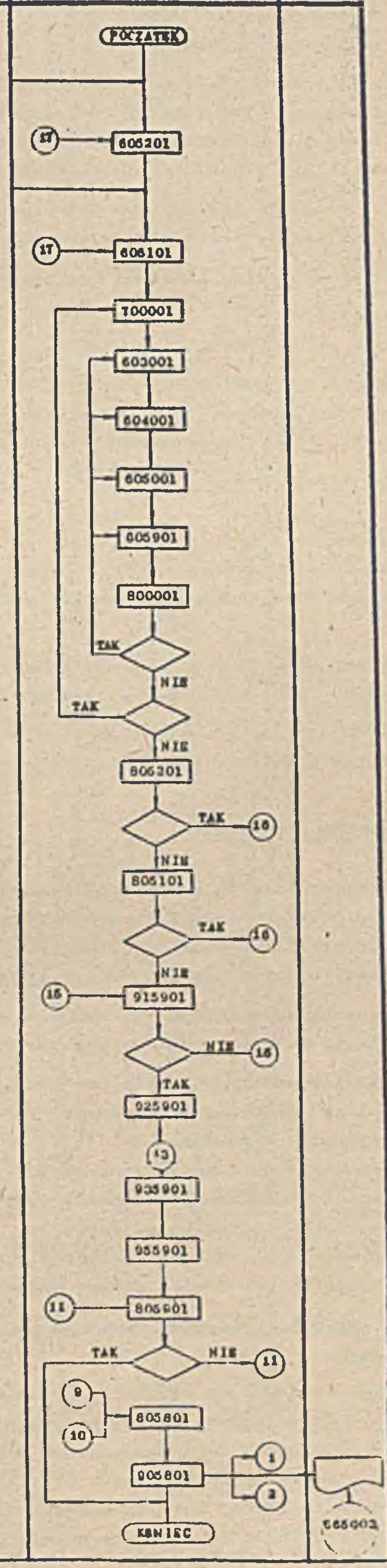
MoSIP	KLASYFIKATOR FUNKCJI ZARZĄDZANIA PLANOWANIE PARAMETRÓW ZARZĄDZANIA OPERACYJNE						S61.5NN.3 6
PARAMETR ZARZ. \ PODKLASA FUNKCJI		Okresowe rozmieszczenie nie standardowego parametru 1	Okresowe przemieszczenie standardowego parametru 2	Wybór kryteriów oceny 3	Ustalenie wagi kryteriów oceny 4	Wybór mierników oceny 5	Wybór algorytmu miernika oceny 6
STRUKTURA	0		Okresowe zmiany struktury zarządzania	Wybór kryteriów oceny struktury zarządzania			
CEL	1			Wybór kryterium oceny osiągania celu			
WARUNEK OGRANICZAJĄCY	2			Wybór kryterium oceny przestrzegania warunku ograniczającego			
MODEL ORGAN. UKŁADU STEROWANIA	3			Wybór kryterium oceny [illegible] modelu organizacyjnego			
MODEL ORGAN. UKŁADU ROZM. RZESTRZ. ZAS.	4						
MODEL ORGAN. UKŁADU ZARZĄDZANIA	5						
ZADANIE	6	Okresowe rozmieszczenie nie standardowego zadania	Okresowe przemieszczenie standardowego zadania	Wybór kryterium oceny wykonania zadania	Ustalenie wagi kryterium oceny zadania	Wybór miernika oceny wykonania zadania	Wybór algorytmu miernika oceny wykonania zadania
UPRAWNIENIE	7			Wybór kryterium oceny wykorzystania uprawnień			
DECYZJA NIE [illegible]UTNIZOWANIA	8			Wybór kryterium oceny decyzji			
[illegible]ZIEC	9			Wybór kryterium oceny skuteczności [illegible]			

Rys. 2. Klasyfikator funkcji zarządzania



Rys.3. Modele sterowania

Poz.	NAZWA MODUŁU ZARZĄDZANIA NAZWA NOŚNIKA DANYCH	WEJŚCIE	SCHEMAT BLOKOWY PROCEDURY	WYJŚCIE
0605201	Zestawienie celów strategicznych			
1	Kształtowanie celów strategicznych			
0605101	Zestawienie strategicznych warunków ograniczających			
2	Kształtowanie strategicznych warunków ograniczających			
3	Planowanie przebiegu procesów projektowania strategicznych modeli organizacyjnych			
4	Projektowanie strategicznych modeli układu sterowania			
5	Projektowanie strategicznych modeli układu bazy technicznej			
6	Projektowanie strategicznych modeli układu zarządzania			
7	Projektowanie strategicznych modeli pobudzania			
8	Kontrola przebiegu procesów projektowania strategicznych modeli organizacyjnych			
	Czy należy wydać dyspozycje zarcuniające planowany przebieg			
	Czy należy zmienić plan przebiegu procesów projektowania			
9	Kontrola osiągania celów strategicznych			
	Czy konieczne jest podjęcie strategicznej decyzji niezrutynizowanej			
10	Kontrola przestrzegania strategicznych warunków ograniczających			
	Czy konieczne jest podjęcie strategicznych decyzji niezrutynizowanych			
11	Analiza celowości uruchomienia strategicznych bodźców specjalnych			
	Czy należy uruchomić strategiczne bodźce specjalne			
12	Wybór strategicznych bodźców specjalnych			
13	Sformułowanie decyzji o uruchomieniu specjalnych bodźców strategicznych			
14	Przesyłanie danych specjalnych o bodźcach strategicznych			
15	Kontrola skuteczności oddziaływania bodźców strategicznych			
	Czy bodźce są skuteczne			
16	Podjęcie strategicznych decyzji niezrutynizowanych			
17	Przesyłanie strategicznych decyzji niezrutynizowanych			



Rys. 4. Model strategiczny zarządzania

7 - czas trwania procesów,
8 - termin uruchomienia procesu,
9 - termin zakończenia procesu.

Wszystkie parametry występują w ujęciu ilościowym, a sześć pierwszych również w ujęciu wartościowym (złotówkowym). Pełny zbiór funkcji sterowania trzeciego stopnia, obejmuje 165 funkcji w ujęciu ilościowym i 143 funkcje w ujęciu wartościowym. Sposób rozwijania klasyfikatorów funkcji sterowania trzeciego stopnia przedstawiono:

- w tabeli 1: klasa 2 - planowanie przebiegu procesów w ujęciu ilościowym,
- w tabeli 2: klasa 3 - ewidencjonowanie przebiegu procesów w ujęciu wartościowym.

W podobny sposób sklasyfikowano funkcje zarządzania. Wyróżniono cztery klasy funkcji:

6 - organizowanie,
7 - planowanie parametrów zarządzania,
8 - kontrolowanie,
9 - pobudzanie.

Ze względu na odmienność proceduralną wyróżniono 27 podklas funkcji zarządzania. Standardowy klasyfikator funkcji zarządzania trzeciego stopnia utworzono przez skojarzenie podklas funkcji i dziesięciu następujących parametrów zarządzania:

∅ - struktura zarządzania,
1 - cel,
2 - warunek ograniczający,
3 - model układu sterowania,
4 - model układu rozmieszczenia przestrzennego zasobów,
5 - model układu zarządzania,
6 - zadanie,
7 - uprawnienie do podejmowania decyzji,
8 - decyzja niezrutynizowana,
9 - bodziec.

Parametry zarządzania w zależności od zasięgu ich oddziaływania w systemie występują jako:
• strategiczne, • taktyczne, • operacyjne.

Pełny zbiór funkcji zarządzania trzeciego stopnia obejmuje ok. 180 funkcji każdego zasięgu. Przykład rozwinięcia klasyfikatora funkcji planowania parametrów zarządzania podano na rys. 2.

Modele sterowania procesami

Obiektami sterowania są moduły fizyczne (realizacyjne) systemu produkcyjnego, utworzone przez skojarzenie zbiorów procesów i zasobów materialnych przedsiębiorstwa. Przykład klasyfikatora w obszarze gospodarki produktami podstawowymi, przedstawiono w tabeli 3. Występuje w nim podzbiór dziesięciu następujących modułów realizacyjnych (obiektów sterowania):

11 - 1^x: prace badawczo-rozwojowe związane z produktami podstawowymi,
12^x - 1 : badanie potrzeb i podaży wyrobów oraz obsługa handlowa otoczenia,
14^x - 1 : techniczne przygotowanie produkcji produktów podstawowych,
61 - 1 : obsługa techniczna gospodarki produktami podstawowymi,
0^x - 11^x: gospodarka wyrobami,
0^x - 13^x: gospodarka wyrobami prototypowymi i modelowymi,
0^x - 15 : gospodarka opakowaniami handlowymi wyrobów,
0^x - 16 : gospodarka elementami wyrobów,
0^x - 17^x: gospodarka elementami wyrobów w toku produkcji,
0^x - 19 : gospodarka odpadami i złomem produktów podstawowych.

Ogółem zbiór obiektów sterowania systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa przemysłowego obejmuje około 120 modułów.

Podstawowymi składnikami modelu sterowania dowolnym obiektem (modułem realizacyjnym) jest podzbiór modułów informacyjnych układu sterowania, dobrany ze zbioru funkcji sterowania trzeciego stopnia. Konwencją przedstawiania takiego modelu o najwyższym stopniu komunikatywności jest schemat logiczny, w którym poszczególne bloki czynności reprezentujące moduły informacyjne, uporządkowane są według logicznej kolejności. Kompleksowy charakter zbioru funkcji sterowania, przedstawionego w punkcie "Zbiór funkcji sterowania procesami i zarządzania" pozwala na różnorodne kompo-

Klasyfikator standardowych funkcji sterowania III stopnia

Planowanie przebiegu procesów - ujęcie ilościowe

Parametr sterowania / Podklasa funkcji			Prognozowanie potrzeb	Planowanie granicznych wielkości	Planowanie syntetyczne	Planowanie analityczne okresowe	Planowanie analityczne w czasie rzeczywistym
			1	2	3	4	5
Procesy i zasoby	Struktura	1					
Zasoby	Stan	2	Prognozowanie stanu zasobów	Planowanie granicznych wielkości stanu zasobów	Planowanie syntetyczne stanu zasobów	Planowanie analityczne okresowe stanu zasobów	Planowanie analityczne stanu zasobów w czasie rzeczywistym
Zasoby	Przychód	3	Prognozowanie przychodu zasobów	Planowanie granicznych wielkości przychodu zasobów	Planowanie syntetyczne przychodu zasobów	Planowanie analityczne okresowe przychodu zasobów	Planowanie analityczne przychodu zasobów w czasie rzeczywistym
Zasoby	Rozchód	4	Prognozowanie rozchodu zasobów	Planowanie granicznych wielkości rozchodu zasobów	Planowanie syntetyczne rozchodu zasobów	Planowanie analityczne okresowe rozchodu zasobów	Planowanie analityczne rozchodu zasobów w czasie rzeczywistym
Zasoby	Zużycie	5	Prognozowanie zużycia zasobów	Planowanie granicznych wielkości zużycia zasobów	Planowanie syntetyczne zużycia zasobów	Planowanie analityczne okresowe zużycia zasobów	Planowanie analityczne zużycia zasobów w czasie rzeczywistym
Zasoby	Obciążenie	6	Prognozowanie obciążenia zasobów	Planowanie granicznych wielkości obciążenia zasobów	Planowanie syntetyczne obciążenia zasobów	Planowanie analityczne okresowe obciążenia zasobów	Planowanie analityczne obciążenia zasobów w czasie rzeczywistym
Procesy	Czas trwania	7	Prognozowanie czasu trwania procesów	Planowanie granicznych wielkości czasu trwania procesów	Planowanie syntetyczne czasu trwania procesów	Planowanie analityczne okresowe czasu trwania procesów	Planowánie analityczne czasu trwania procesów w czasie rzeczywistym
Procesy	Termin uruchomienia	8	Prognozowanie terminów uruchomienia procesów	Planowanie granicznych terminów uruchomienia procesów	Planowanie syntetyczne uruchomienia procesów	Planowanie analityczne okresowe uruchomienia procesów	Planowanie analityczne uruchomienia procesów w czasie rzeczywistym
Procesy	Termin zakończenia	9	Prognozowanie terminów zakończenia procesów	Planowanie granicznych terminów zakończenia procesów	Planowanie syntetyczne zakończenia procesów	Planowanie analityczne okresowe zakończenia procesów	Planowanie analityczne zakończenia procesów w czasie rzeczywistym

Tabela 1. Klasyfikator funkcji planowania przebiegu procesów

Klasyfikator standardowych funkcji sterowania III stopnia Ewidencjonowanie przebiegu procesów - ujęcie wartościowe										
		Ewidencjonowanie analityczne	Ewidencjonowanie syntetyczne	Ewidencjonowanie potrzeb otoczenia	Ewidencjonowanie odchyleń od normatywów	Ewidencjonowanie od planów	Ewidencjonowanie wskaźników normatywnych	Ewidencjonowanie porównawcze	Ewidencjonowanie przeciętnych i średnich wielkości	Sprawozdawczość specjalna
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Struktura	1									
Stan	2	Ewidencjonowanie analityczne wartości stanu zasobów	Ewidencjonowanie syntetyczne wartości stanu zasobów		Ewidencjonowanie odchyleń od normatywów wartości stanu zasobów	Ewidencjonowanie odchyleń od planów wartości stanu zasobów	Ewidencjonowanie wskaźników normatywnych wartości stanu zasobów	Ewidencjonowanie porównawcze wartości stanu zasobów	Ewidencjonowanie przeciętnych i średnich wartości stanu zasobów	Sprawozdawczość specjalna z wartości stanu zasobów
Przychód	3	Ewidencjonowanie analityczne wartości przychodu zasobów	Ewidencjonowanie syntetyczne wartości przychodu zasobów		Ewidencjonowanie odchyleń od normatywów wartości przychodu zasobów	Ewidencjonowanie odchyleń od planów wartości przychodu zasobów	Ewidencjonowanie wskaźników normatywnych wartości przychodu zasobów	Ewidencjonowanie porównawcze wartości przychodu zasobów	Ewidencjonowanie przeciętnych i średnich wartości przychodu zasobów	Sprawozdawczość specjalna z wartości rozchodu zasobów
Rozchód	4	Ewidencjonowanie analityczne wartości rozchodu zasobów	Ewidencjonowanie syntetyczne wartości rozchodu zasobów	Ewidencjonowanie wartości potrzeb otoczenia na zasoby systemu	Ewidencjonowanie odchyleń od normatywów wartości rozchodu zasobów	Ewidencjonowanie odchyleń od planów wartości rozchodu zasobów	Ewidencjonowanie wskaźników normatywnych wartości rozchodu zasobów	Ewidencjonowanie porównawcze wartości rozchodu zasobów	Ewidencjonowanie przeciętnych i średnich wartości rozchodu zasobów	Sprawozdawczość specjalna z wa wartości rozchodu zasobów
Koszty struktury	5	Ewidencjonowanie analityczne kosztów struktury	Ewidencjonowanie syntetyczne kosztów struktury		Ewidencjonowanie odchyleń od normatywów kosztów struktury	Ewidencjonowanie odchyleń od planów kos kosztów struktury	Ewidencjonowanie wskaźników normatywnych kosztów struktury	Ewidencjonowanie porównawcze kosztów struktury	Ewidencjonowanie przeciętnych i średnich kosztów struktury	Sprawozdawczość specjalna z kosztów struktury
Koszty produktu	6	Ewidencjonowanie analityczne kosztów produktu	Ewidencjonowanie syntetyczne kosztów produktu		Ewidencjonowanie odchyleń od normatywów kosztów produktu	Ewidencjonowanie odchyleń od planów kosztów produktu	Ewidencjonowanie wskaźników normatywnych kosztów produktu	Ewidencjonowanie porównawcze kosztów produktu	Ewidencjonowanie przeciętnych i średnich kosztów produktu	Sprawozdawczość specjalna z kosztów produktu

Tabela 2. Klasyfikator funkcji ewidencjonowania przebiegu procesów

MeSIP 053.5	KLASYFIKATOR OBIEKTÓW STEROWANIA W GOSPODARCE PRODUKTAMI PODSTAWOWYMI												20000
KLASA PROCESÓW / PODKLASA ZASOBÓW		PRZYGOTOWANIE PROCESÓW			ZASILANIE SYSTEMU ZASOBAMI I USŁUGAMI SYSTEMU	SKŁADOWANIE ZASOBÓW	TRANSPORT ZASOBÓW	PROCES TECHNOLOGICZNY	PROCESY OBSŁUGI		KONTROLA JAKOŚCI	ZASILANIE OTOCZENIA ZASOBAMI I USŁUGAMI SYSTEMU	
		PRACE BADAW-CZO-ROZW.	BADANIE POTRZEB I PODAŻY						OBSŁUGA TECHNICZNA	OBSŁUGA HANDLOWA			
		11	12, 13	14-19	2	3	4	5	61	62	7	8	
WYROBY	11	11-1	$12^{*}-1$	$14^{*}-1$	X	$0^{*}-11^{*}$			61-1	$12^{*}-1$	$0^{*}-11^{*}$		
WYROBY SERII PRÓBNYCH	12		X		X					X			
WYROBY PROTOTYPOWE	13		X			$0^{*}-13^{*}$				X	$0^{*}-13^{*}$		
WYROBY MODELOWE	14		X							X		X	
OPAKOWANIA HANDLOWE WYROBÓW	15		X			$0^{*}-15$				X	$0^{*}-15$		
ELEMENTY WYROBÓW	16		X			$0^{*}-16$				X	$0^{*}-16$	X	
ELEMENTY WYROBÓW W TOKU PRODUKCJI	17		X					$0^{*}-17^{*}$		X	$0^{*}-17^{*}$		
ELEMENTY OBCYCH WYROBÓW W TOKU PRODUKCJI	18	X	X	X						X			
ODPADY I ZŁOM PRODUKTÓW PODSTAWOWYCH	19	X	X		X	$0^{*}-19$				X	$0^{*}-19$		

Tabela 3. Klasyfikator modułów realizacyjnych GPP

zycje modeli sterowania, przystosowanych do różnych własności obiektów sterowania. Przedsiębiorstwa przemysłowe w Polsce stosują bardzo zróżnicowane modele sterowania produkcją, uzasadniając to głównie specyficznym charakterem procesów produkcyjnych. Analiza tego problemu wykazuje jednak, że ogólne założenia tych modeli może sprowadzić do niewielkiej liczby odmian, natomiast ogromne zróżnicowanie wykazują operacyjne rozwiązania składników tych modeli. Często są to zresztą różnice nieistotne i wynikające z tradycji i lokalnych nawyków.

Unifikacja i optymalizacja modeli sterowania produkcją w skali przemysłu maszynowego, szczególnie w warunkach stosowania zautomatyzowanych systemów sterowania, jest przedsięwzięciem możliwym i celowym ze względu na wysoką jego efektywność. Przedsięwzięcie to jest realizowane przez Instytut Organizacji Przemysłu Maszynowego w ramach problemu węzłowego 05.3. Dalszą treść ograniczono do obszaru gospodarki produktami podstawowymi tab. 3 , ponieważ identyczne procedury zastosowano w pozostałych obszarach systemu produkcyjnego.

Dla poszczególnych obiektów sterowania gospodarką produktami podstawowymi opracowano klasyfikację przebiegu procesów, stosując kryteria wpływające na celowość stosowania odpowiedniego modelu sterowania. Przykład takiej klasyfikacji w odniesieniu do modułu realizacyjnego "O^x - 16: gospodarka elementami wyrobów" przedstawiono w tabeli 4. Wyróżniono cztery typy **przebiegu procesu:**

- ustabilizowany ciągły,
- ustabilizowany seryjny,
- nieustabilizowany powtarzalny,
- nieustabilizowany niepowtarzalny.

Tab. 4.

Klasyfikacja typów przebiegu procesu

Klasa	Typ	Kryteria klasyfikacyjne		
		Asortyment zasobów	Wielkość produkcji	Ciągłość procesu
Ustabilizowany	Ciągły	Stały	Stała	Pełna - proces realizowany we wszystkich okresach
	Seryjny	Stały	Stała	Skokowa - realizowany w niektórych okresach
Nieustabilizowany	Powtarzalny	Stały	Zmienna	Nieokreślona
	Niepowstarzalny	Zmienny	Zmienna	Nieokreślona

Opierając się na klasyfikacji typów gospodarowania w poszczególnych obszarach systemu produkcyjnego, zbudowano pakiet tablic decyzyjnych wyboru modeli sterowania. Przykład tablicy decyzyjnej modelu sterowania gospodarką elementami wyrobów przedstawiono w tabeli 5. Zestawiono w niej 5 kryteriów wyboru, z czego trzy pierwsze związane są z typem gospodarowania. Oczyszczona tablica decyzyjna obejmuje 10 reguł decyzyjnych, wskazujących na celowość stosowania jednej z ośmiu odmian modelu sterowania. Dla każdej z tych odmian zaprojektowano w konwencji schematu blokowego model sterowania, dobierając odpowiednie moduły informacyjne. Zaprojektowanie modeli sterowania dla wszystkich obszarów systemu produkcyjnego oraz ich zweryfikowanie w kilku przedsiębiorstwach przemysłu maszynowego pozwoliło:

- zweryfikować roboczy zbiór funkcji sterowania i uznać ostateczną wersję jako zbiór funkcji standardowych,
- ustalić zapotrzebowanie na funkcje sterowania w poszczególnych obszarach systemu produkcyjnego, co umożliwiło przeprowadzenie unifikacji algorytmów oraz zoptymalizowanie liczby odmian (wariantów) algorytmów dla poszczególnych funkcji sterowania; dobór właściwego algorytmu nastę-

TDWM	TABLICA DECYZYJNA WYBORU MODELU STEROWANIA SKŁADOWANIE ELEMENTÓW WYROBÓW										
	KRYTERIA	**WSKAŹNIKI**									
NR	**OKREŚLENIE**										
1	Występuje ustabilizowany przebieg procesu produkcyjnego	T	T	T	T	N	N	N	N	N	N
2	Występuje powtarzalny przebieg procesu produkcyjnego	–	–	–	–	T	T	T	N	N	N
3	Występuje ciągły przebieg procesu produkcyjnego	T	N	N	N	–	–	–	–	–	–
4	Występują duże zakłócenia przebiegu procesu produkcyjnego	–	T	T	N	T	N	N	T	T	N
5	Wartość elementu jest duża	–	T	N	–	–	T	N	T	N	–
	CZYNNOŚCI	**REGUŁY**									
NR	**OKREŚLENIE**	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
1	Model sterowania taktem	X									
2	Model sterowania rytmem				X						
3	Model sterowania rytmem i zapasem elementów		X								
4	Model sterowania zapasem elementów			X		X		X			
5	Model sterowania cyklem i programem						X				
6	Model sterowania cyklem										X
7	Model sterowania cyklem i wyprzedzeniem								X		
8	Model sterowania wyprzedzeniem									X	

Tabela 5. Tablica decyzyjna wyboru modelu sterowania

puje na podstawie kryteriów ujętych w tablicach decyzyjnych; (ogólny schemat budowy modeli sterowania przedstawiono na rys. 3); wielowariantowość standardowych modeli sterowania na obu poziomach, tj. taktycznym (zasięg obszaru sterowania) i operacyjnym (zasięg funkcji sterowania trzeciego stopnia) decyduje o pełnej uniwersalności modeli sterowania i wysokiej adaptatywności do konkretnych warunków przedsiębiorstwa. Procedura adaptacji taktycznych modeli standardowych obejmuje następujące główne czynności:

- eliminacja zbędnych modułów informacyjnych,
- wprowadzenie własnych modułów informacyjnych (opcyjnie),
- wybór wariantu modułu informacyjnego.

Modele zarządzania

Obiektem zarządzania są pracownicy, stanowiący załogę zbioru komórek organizacyjnych przedsiębiorstwa. Czynnikami oddziaływania na pracowników są parametry zarządzania (rys. 2). W praktyce nie ma możliwości zarządzania monoparametrycznego, tzn. za pomocą jednego, wybranego parametru zarządzania. Wprawdzie powszechnie są znane techniki zarządzania preferujące określone parametry np. zarządzanie przez delegowanie uprawnień, nie oznacza to jednak, że wykorzystuje się w nich wyłącznie ten parametr. Nadrzędność celów jest powszechnie uznana, jednak tylko zintegrowane modele zarządzania, w których występują wszystkie parametry, stanowią rozwiązanie optymalne. W przeciwieństwie jednak do modeli sterowania procesami, nie ma potrzeby stosowania różnych wariantów modeli w odniesieniu do różnych komórek organizacyjnych przedsiębiorstwa. Wręcz przeciwnie, podstawowym warunkiem efektywnego funkcjonowania układu zarządzania, jest stosowanie ujednoliconych modeli zarządzania w odniesieniu do całej załogi przedsiębiorstwa. Moduły informacyjne układu zarządzania, podobnie jak w układzie sterowania, można i należy modelować wariantowo. Wybór wariantu modelu następować powinien jednak nie dla komórki organizacyjnej, lecz dla całego przedsiębiorstwa. Zgodnie z powyższymi założeniami zbiór modeli zarządzania przedsiębiorstwa obejmuje:

- model strategiczny zarządzania przedsiębiorstwem,
- zbiór modeli taktycznych zarządzania komórkami organizacyjnymi,
- zbiór modeli operacyjnych zarządzania pracownikami.

Przykład modelu strategicznego zarządzania (uproszczony) przedstawiono na rys. 4. Konwencja przedstawiania modeli zarządzania oraz procedury wyboru wariantów i techniki przetwarzania danych są takie same jak dla modeli sterowania.

Budowa i rozwój zautomatyzowanego systemu zarządzania

Zdefiniowanie logicznej (funkcjonalnej) struktury systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa oraz zbioru modeli sterowania procesami i zarządzania, pozwala racjonalnie programować automatyzację tego obszaru. Cykl takiego programowania obejmuje:

- wybór techniki przetwarzania danych dla zbioru modułów informacyjnych, występujących w modelach sterowania i zarządzania,
- modelowanie struktury technicznej sieci środków do przetwarzania i przesyłania danych,
- programowanie cyklu rozwoju automatyzacji zarządzania,
- dobór oprogramowania elektronicznych maszyn cyfrowych,
- programowanie cyklu technicznego i organizacyjnego przygotowania do wdrożenia zautomatyzowanego systemu zarządzania.

Wybór techniki przetwarzania danych, optymalnej z punktu widzenia kryteriów technicznych i ekonomicznych, jest procedurą kształtującą strukturę systemu oraz jego techniczne wyposażenie. Ogólną klasyfikację (uproszczoną) technik przetwarzania danych przedstawiono w tabeli 6. Zgodnie z z tą klasyfikacją, dla kolejnych modułów informacyjnych zawartych w zbiorze modeli sterowania i zarządzania, należy ustalić technikę:

- zbierania danych,
- przetwarzania danych,

Tab.6.

KLASYFIKATOR TECHNIK PRZETWARZANIA DANYCH

FAZA	KRYTERIA KLASYFIKACYJNE		KLASA TECHNIKI PRZETWARZANIA DANYCH	
	KOD	NAZWA	KOD	NAZWA
ZBIERANIE DANYCH	1	Miejsce gromadzenia danych	1	Zbieranie zdecentralizowane
			2	Zbieranie scentralizowane
	2	Sposób przygotowania danych	1	Ze wstępnym przetwarzaniem danych
			2	Bez wstępnego przetwarzania danych
	3	Typ nośników danych	1	Nośniki danych czytelne dla człowieka
			2	Karty dziurkowane
			3	Taśmy dziurkowane
			4	Ekrany monitorów
			5	Taśmy magnetyczne
PRZESYŁANIE DANYCH	1	Sposób przesyłania danych	1	Przesyłanie konwersacyjne
			2	Przesyłanie bieżące
			3	Przesyłanie partiowe
	2	Alokacja urządzeń	1	Przesyłanie lokalne
			2	Przesyłanie zdalne
	3	Podział czasowy	1	Przesyłanie harmonogramowane
			2	Przesyłanie w czasie nieograniczonym
	4	Połączenie z komputerem	1	Off line - bezpośrednie
			2	On line - pośrednie
			3	In line - natychmiastowe
PRZECHOWYWANIE DANYCH	1	Rodzaj dostępu do danych	1	Dostęp sekwencyjny
			2	Dostęp przypadkowy
	2	Typ nośników danych	1	Nośniki danych czytelne dla człowieka
			2	Karty dziurkowane
			3	Taśmy dziurkowane
			5	Taśmy magnetyczne
			6	Dyski magnetyczne elastyczne
			7	Dyski magnetyczne twarde
			8	Karty magnetyczne
			9	Pamięci operacyjne
PROCES TECHNOLOGICZNY	1	Sposób przetwarzania danych	1	Przetwarzanie jednoprogramowe
			2	Przetwarzanie wieloprogramowe
WYPROWADZANIE DANYCH WYJŚCIA	1	Rodzaj wyprowadzania danych wyjścia	1	Wyprowadzanie na żądanie użytkowników
			2	Wyprowadzanie w okresach cyklicznych
			3	Wyprowadzanie w przypadku rozregulowania układu
	2	Typ nośników danych	1	Nośniki danych czytelne dla człowieka
			2	Karty dziurkowane
			4	Ekrany monitorów

- przesyłania danych,
- przechowywania danych,
- wyprowadzania danych wyjścia.

Przykład:

1 1 5 - zbieranie zdecentralizowane ze wstępnym przetwarzaniem danych na taśmie magnetycznej.

Technicznymi kryteriami wyboru techniki przetwarzania danych są przede wszystkim:

- intensywność przetwarzania danych,
- wymagana szybkość dostępu do danych,
- stabilność danych (okres aktualności),
- wymagana dokładność (wielkość odchyleń od rzeczywistej wiadomości),
- wymagany stopień sprzężenia (konwersacji),
- powiązania danych (liczba procedur korzystających z danych),
- wymagany rodzaj dostępu do danych.

Kryterium weryfikującym wybór techniki przetwarzania danych jest efektywność ekonomiczna.

Modelowanie struktury technicznej sieci jest w warunkach polskich determinowane dostępnością środków technicznych i systemów automatyki. Koncepcja rozproszonego systemu przetwarzania danych powoduje konieczność budowy w przedsiębiorstwach wielopoziomowych sieci hierarchicznych o strukturze dostosowanej do specyfiki danego systemu produkcyjnego. Podstawowym kryterium oceny możliwych wariantów sieci jest otrzymanie najbardziej ekonomicznych rozwiązań, przy danych wymaganiach technicznych i eksploatacyjnych.

Odpowiednio do przyjętego modelu struktury hierarchicznej systemu zarządzania, węzły sieci na poszczególnych poziomach tej struktury, powinny być wyposażone w okresie do 1985 r. w środki techniczne produkcji polskiej i krajów członków RWPG.

- Poziom 1 - systemy zbierania danych
  - programowane stacje przygotowania danych PSPD 90
  - urządzenia do zbierania ze wstępnym przetwarzaniem danych MERA 9150
- Poziom 2 - lokalne systemy okresowego sterowania procesami:
  - elektroniczne automaty biurowe wyposażone w pamięci kasetowe i dyski elastyczne,
  - minikomputery wyposażone w pamięci dyskowe (twarde i elastyczne) i kasetowe oraz monitory ekranowe,
- Poziom 3 - centralny system okresowego sterowania:
  - EMC JS RIAD, głównie R32 oraz EMC ODRA 1305, a po 1980 r. maszyny drugiego szeregu, mogące pracować pod kontrolą systemów operacyjnych z pamięcią witualną.
- Poziom 4 - system zarządzania przedsiębiorstwem - obecnie nie produkuje się w Polsce i krajach członkach RWPG minikomputerów, spełniających wymagania systemu zarządzania. Rozwój zastosowań może nastąpić po 1980 r. i może opierać się na minikomputerach systemu SM drugiej kolejności. **Systemy sterowania teleprzetwarzaniem muszą być dostosowane do struktury sieci i wymagań w zakresie:**
  - zdalnego wprowadzania danych,
  - zdalnego przetwarzania danych partiowego i w trybie bieżącym ,
  - przetwarzania konwersacyjnego.

Zakłada się, że do 1980 r. będzie opanowana produkcja urządzeń do teleprzetwarzania średniego zasięgu w przedsiębiorstwach skoncentrowanych na jednym terenie. Rozwój teleprzetwarzania dalekiego zasięgu jest uzależniony od budowy krajowej sieci teletransmisji danych i nastąpi po 1982 r.

Programowanie cyklu rozwoju automatyzacji zarządzania polega na ustaleniu kolejności automatyzowania modułów informacyjnych, dla których ustalono celowość i możliwość zastosowania zautomatyzowanych technik przetwarzania danych. Zgodnie z przyjętą strukturą fizyczną i logiczną systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa, należy zdefiniować poziomy automatyzacji, scharakteryzowane:

- zbiorem modułów informatycznych (funkcji odniesionych do obszaru zastosowania),

owania)

- techniką przetwarzania danych,
- lokalizacją w hierarchicznej strukturze systemu produkcyjnego.

W resorcie przemysłu maszynowego obowiązuje ujednolicony podział na trzy poziomy automatyzacji jednak struktura tych poziomów jest różnie interpretowana. Na rys. 5 przedstawiono strukturę poziomów automatyzacji zarządzania, opartą na stosowanych w IOPM klasyfikatorach.

- I Poziom bazowy obejmuje zbiór funkcji sterowania pozwalający na założenie i prowadzenie bazy danych oraz syntetyczne planowanie i ewidencjonowanie w ograniczonym do szczególnie istotnego obszaru działania przedsiębiorstwa, tj. w gospodarce produktami podstawowymi.
- II Poziom rozwinięty obejmuje zbiór funkcji sterowania poziomu bazowego, rozszerzony o analityczne planowanie i ewidencjonowanie oraz bilansowanie w obszarze conajmniej pięciu gospodarek, lecz ograniczony do szczególnie istotnych dla działania systemu zasobów.
- III Poziom kompleksowy obejmuje zbiór wszystkich standardowych funkcji sterowania w obszarze gospodarki wszystkimi zasobami przedsiębiorstwa. Obejmuje on również planowanie i ewidencjonowanie przebiegu procesów w czasie zbliżonym do rzeczywistego oraz regulowanie tego przebiegu.

Przedstawiona struktura zapewnia logicznie poprawny rozwój systemu, jednak wystąpić mogą odchylenia, wynikające z uwarunkowań rozwoju automatyzacji, a głównie dostępności środków technicznych i oprogramowania użytkowego. Odpowiednio do ostatecznie przyjętej struktury, powinna następować budowa sieci technicznej. Znaczny stopień nasycenia przedsiębiorstw przemysłu maszynowego dużymi i średnimi komputerami oraz wyraźny niedorozwój minikomputerów i mikrokomputerów spowodował, że dominuje w resorcie nisko efektywny cykl budowy sieci. Polega on na instalowaniu w pierwszej kolejności komputerów do centralnego przetwarzania danych i obciążanie ich funkcjami, które powinny ulec rozproszeniu (nadmierna centralizacja). Należy oczekiwać, że planowany skokowy wzrost dostaw minikomputerów o odpowiedniej charakterystyce techniczno-eksploatacyjnej, spowoduje racjonalizację rozbudowy i budowy nowych sieci technicznych.

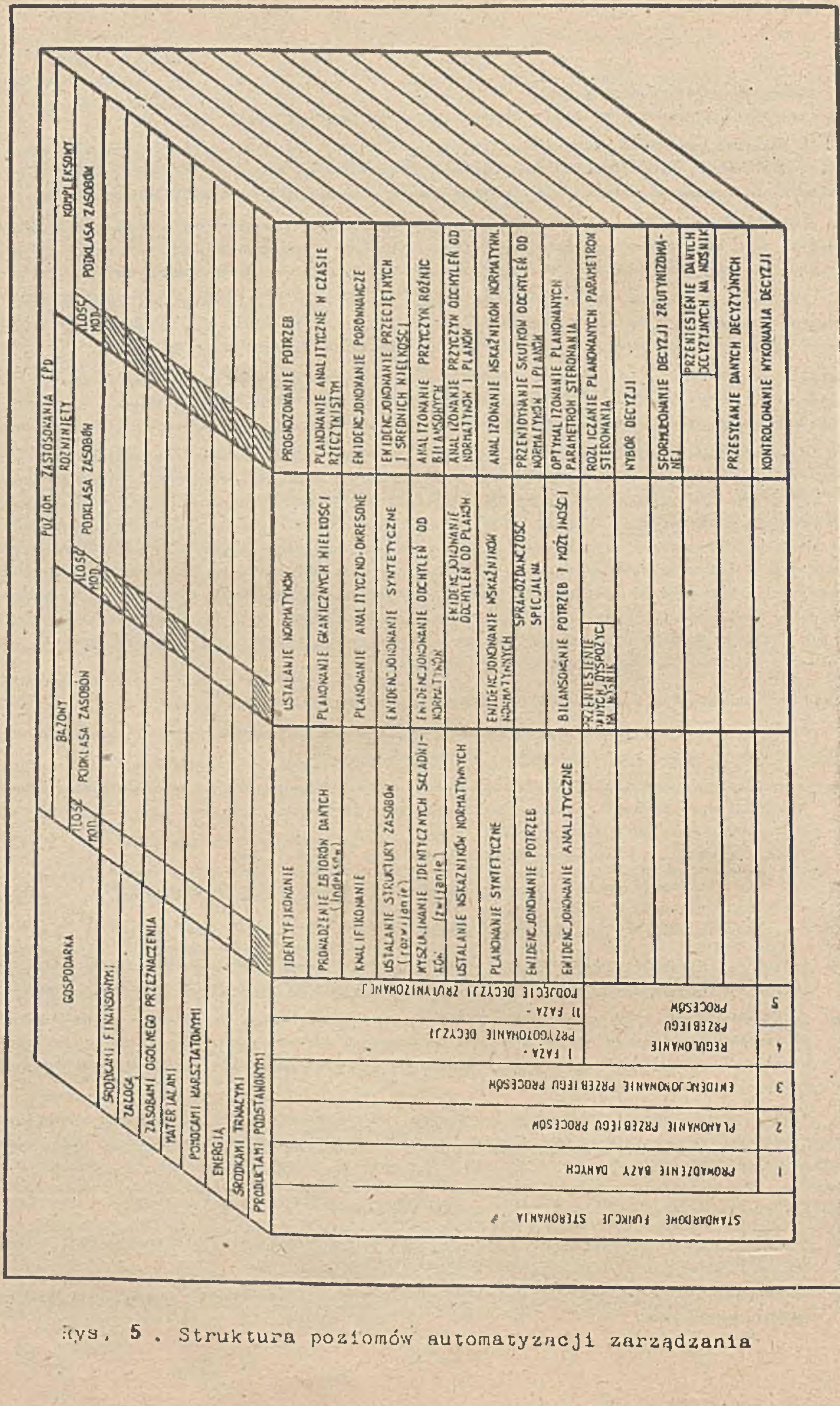
Dobór oprogramowania elektronicznych maszyn cyfrowych

Odpowiednio do kierunków rozwoju środków technicznych w programach rozwojowych jednostek MPM przyjęto następujące kierunki rozwoju oprogramowania:

- powszechne eksploatowanie wysoko sprawnych systemów operacyjnych o dużym stopniu automatyzacji czynności operatorskich oraz optymalizacji wykorzystania komputera
  - dla EMC ODRA 1300 - systemy GEORGE 2 i 3,
  - dla EMC JS RIAD - system OS MFT lub MVT a po 1980 r. - VS;
- szerokie stosowanie uniwersalnych systemów zarządzania centralną bazą danych
  - dla EMC ODRA 1305 - system DMS-2,
  - dla EMC JS RIAD -- systemy RODAN i SAD,
- szerokie stosowanie standardowego oprogramowania użytkowego modułowego systemu informatycznego przedsiębiorstw MOSIP i innych pakietów, spełniających wymagania techniczne i ekonomiczne,
- przygotowanie do 1980 r. oraz powszechne zastosowanie w następnych latach technik komputerowego wspomagania procesu projektowania i generowania zautomatyzowanych systemów zarządzania. Zakłada się wykorzystanie języka PSL (Problem Statement Language) i programów analizujących PSA (Problem Statement Analyzer).

Programowanie cyklu technicznego i organizacyjnego przygotowania do budowy i wdrożenia zautomatyzowanego systemu zarządzania stanowi niezwykle trudny problem, a w sytuacji coraz szerszego wykorzystania systemów standardowych staje się barierą warunkującą możliwość i efektywność tych wdrożeń. Obejmuje on kompleks działań, w odniesieniu do których należy wybrać rozwiązanie optymalne dla danego przedsiębiorstwa. Są to przede wszystkim:

- klasyfikacja i kodowanie - stopień unifikacji systemów resortowych i branżowych, zakres uzasadnionych zmian istniejących klasyfikatorów i kodów;
- opracowanie danych normatywnych - wybór algorytmów obliczeniowych i organizacja procesu opracowania normatywów;



Rys. 5. Struktura poziomów automatyzacji zarządzania

- przystosowanie dokumentacji technicznej i transakcyjnej - zakres niezbędnych zmian i uzupełnień danych, zakres zmian formularzy dokumentów i organizacja procesu przystosowania dokumentacji;
- przygotowanie kadry informatyków eksploatujących system - forma naboru i szkolenia;
- dokonanie zmian struktury zarządzania i procedur organizacyjnych uwzględniających zastosowanie elektronicznego przetwarzania danych - zakres i forma dokonania zmian struktury zarządzania, formy szkolenia i próbnych wdrożeń, formy motywacji użytkowników.

Niezależnie od wyżej podanych działań szczególnie istotnym elementem programu jest wybór struktury cyklu prac przygotowawczych i wdrożeniowych według jednego z dwóch możliwych wariantów:

- przygotowanie i wdrożenie stopniowe, tj. w pierwszym okresie w pilotowym obszarze (wybrane wyroby, wydziały itp.), a następnie stopniowe rozszerzanie na całe przedsiębiorstwo;
- przygotowanie i wdrażanie pełne, tj. jednofazowe dla całego przedsiębiorstwa.

Wybór wariantu zależy od zakresu uprzednio zdefiniowanych działań przygotowawczych oraz możliwości kadrowych i finansowych przedsiębiorstwa.

dr inż. Henryk PIETROWSKI

Zakład Doświadczalny
Organizacji Przedsiębiorstw "Orgam"

Modułowy system informatyczny MOSIP

Wprowadzenie

Artykuł jest rozwinięciem dwóch opracowań pt.:

- "Zintegrowany system automatyzacji przedsiębiorstw przemysłu maszynowego",
- "Automatyzacja zarządzania przedsiębiorstwem przemysłowym".

W szczególności, jako założenia metodologiczne, przyjęto z nich:

- model systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa i jego fizyczną strukturę,
- schemat integracji hierarchicznej systemu produkcyjnego,
- strukturę kompleksowej automatyzacji,
- klasyfikację funkcji sterowania procesami i zarządzania,
- technikę syntezy modułów informacyjnych w modele sterowania i zarządzania,
- klasyfikację technik przetwarzania danych,
- strukturę poziomów automatyzacji zarządzania.

Analiza eksploatowanych w przedsiębiorstwach przemysłu maszynowego zautomatyzowanych systemów zarządzania wykazuje, że tylko w nielicznych obiektach osiąga się dostateczny stopień efektywności systemów. Znacznie większy jest udział systemów informatycznych o niskiej sprawności, osiąganych przy wysokich nakładach i długich cyklach budowy. W związku z dynamicznym wzrostem liczby komputerów w przedsiębiorstwach resortu (szczególnie w latach 1975-76), narastała dysproporcja między potencjalnymi możliwościami tego sprzętu, a użytecznym ich wykorzystaniem. Według stanu na koniec 1977 r. tylko w kilkunastu przedsiębiorstwach osiągnięto rozwinięty poziom systemów zarządzania. Dominują małe, autonomiczne podsystemy, trudne do zintegrowania w procesie rozwoju systemu oraz obsługujące głównie funkcje ewidencyjne.

Automatyzacja zarządzania jest szczególnie predystynowana do centralnego sterowania rozwojem i podatna na zastosowanie rozwiązań standardowych. Program rozwoju automatyzacji zarządzania w przedsiębiorstwach przemysłu maszynowego do 1990 r. podporządkowany jest trzem podstawowym założeniom:

- istnieje możliwość wielokrotnego zwiększenia efektywności i jakości wykorzystania elektronicznych maszyn cyfrowych, eksploatowanych obecnie w obszarze zarządzania przedsiębiorstwem;
- do 1980 r. będą stworzone warunki użytkowania kompleksowych zautomatyzowanych systemów zarządzania o wysokiej efektywności na komputerach i minikomputerach, które będą dostępne dla przedsiębiorstw przemysłu maszynowego (zgodnie z programem rozwoju automatyki elektronicznej cyfrowej);
- następować będzie stopniowa reorientacja przedsiębiorstw na wielokomputerowe, rozproszone systemy przetwarzania danych, oparte na sprzęcie produkcji polskiej i krajów-członków RWPG. W odniesieniu do funkcji zarządzania oznacza to eksploatowanie w przedsiębiorstwie sieci, obejmującej
  - systemy lokalnego przetwarzania danych na minikomputerach (2 poziom systemu hierarchicznego),
  - centralny system przetwarzania danych, wykorzystującego komputer własny lub usługi jednostki obcej (3 poziom),
  - systemu zarządzania i wspomagającego podejmowanie decyzji kierowniczych (4 poziom),
  - sprzężenie z systemami sterowania produkcją w czasie zbliżonym do rzeczywistego.

Zgodnie z tymi założeniami przyjmuje się, że nastąpi dynamiczny rozwój zastosowań zautomatyzowanych systemów zarządzania, którego tempo będzie regulowane:

- przygotowaniem przedsiębiorstw do efektywnego wykorzystania techniki komputerowej,
- możliwościami dostaw minikomputerów o odpowiedniej charakterystyce techniczno-eksploatacyjnej i poziomie niezawodności.

Zakłada się osiągnięcie stanu automatyzacji zarządzania przedsiębiorstwami na poziomie określonym w tabeli 1, tj. osiągnięciem w r. 1985 przez wszystkie przedsiębiorstwa przemysłowe resortu co najmniej poziomu rozwiniętego, a przez 80 przedsiębiorstw najwyżej zorganizowanych - poziomu kompleksowego.

Tab. 1.

Rozwój automatyzacji zarządzania przedsiębiorstw przemysłu maszynowego

R o k	Liczba przedsiębiorstw o poziomie automatyzacji zarządzania		L i c z b a	
	rozwiniętym	kompleksowym	komputerów	minikomputerów
1975	5	-	45	60
1977	20	-	85	250
1980	60	15	100	350
1985	100	80	150	1200

Cele i ogólne założenia budowy systemu MOSIP

Cele budowy i wdrożenia systemu MoSIP w przedsiębiorstwach przemysłu maszynowego wynikają z programu rozwoju automatyzacji kompleksowej resortu w obszarach sterowania produkcją i zarządzania. Celem budowy i wdrożenia systemu MoSIP jest zatem znaczące zwiększenie efektywności systemów produkcyjnych przedsiębiorstw, uzyskane przez eksploatowanie wysokosprawnych systemów informatycznych sterowania produkcją i zarządzania.

Celem budowy i wdrożenia systemu MoSIP w przedsiębiorstwach przemysłu maszynowego jest znaczące zwiększenie skuteczności systemów produkcyjnych przedsiębiorstw przez eksploatowanie systemów informatycznych o wysokiej sprawności. Na syntetyczne kryterium oceny systemu informatycznego, którym jest jego sprawność, składają się następujące kryteria analityczne:

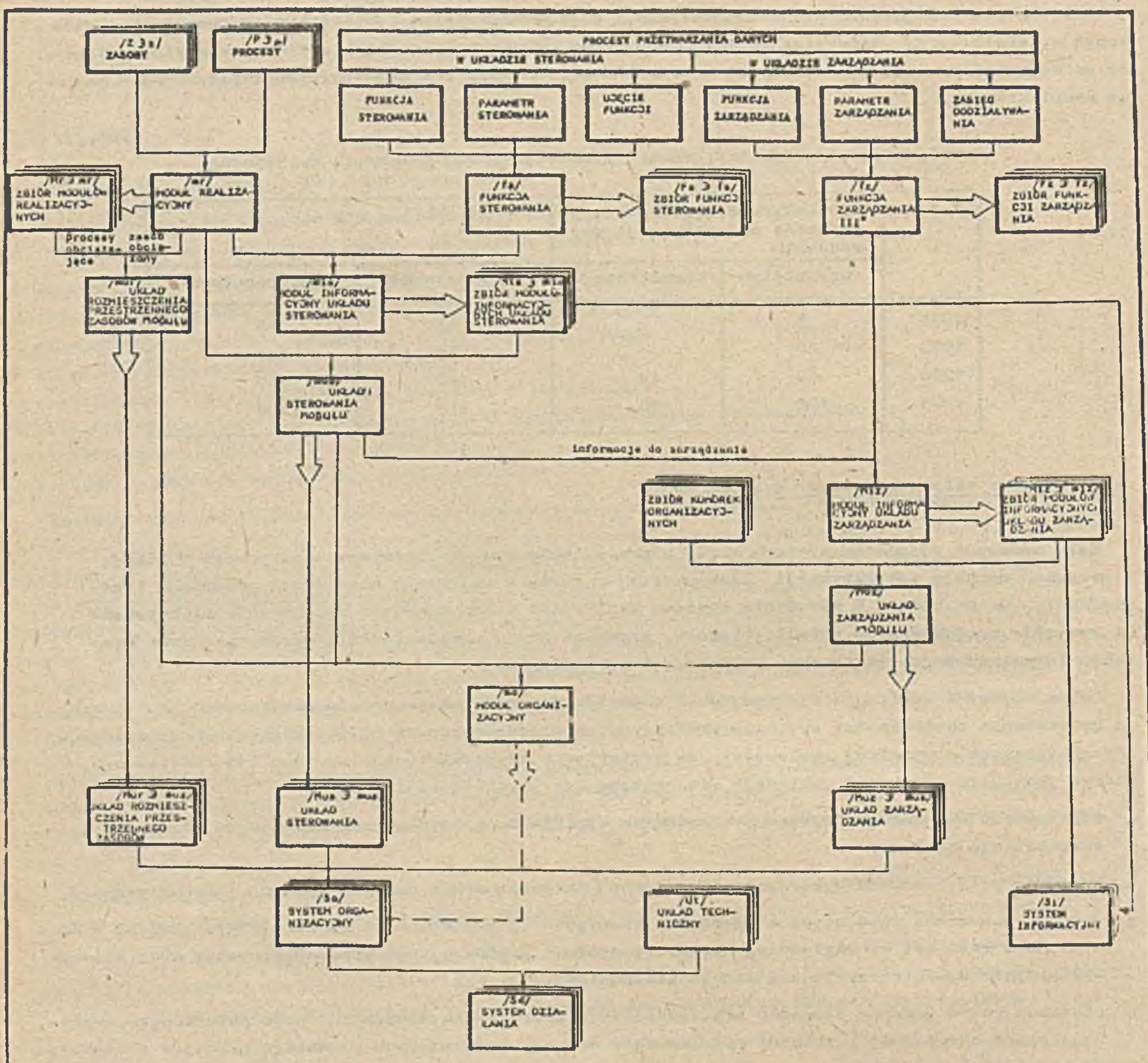
- efektywność ekonomiczna wyrażona stosunkiem wyników do nakładów poniesionych na wdrożenie i eksploatację systemu,
- wydajność, tj. stopień wykorzystania zasobów (materialnych i danych) systemu informatycznego,
- jakość, rozumiana jako stopień zgodności rzeczywistej użyteczności systemu z wymaganiami uznanymi jako istotne, ze względu na strukturę systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa oraz relacje występujące wewnątrz systemu i z jego otoczeniem,
- stosunek czasu trwania procesów przetwarzania i przesyłania danych do czasu potrzebnego, wynikającego z optymalnej szybkości podejmowania decyzji regulujących przebiegi procesów produkcyjnych.

Aby osiągnąć cel budowy - system MoSIP powinien charakteryzować się:

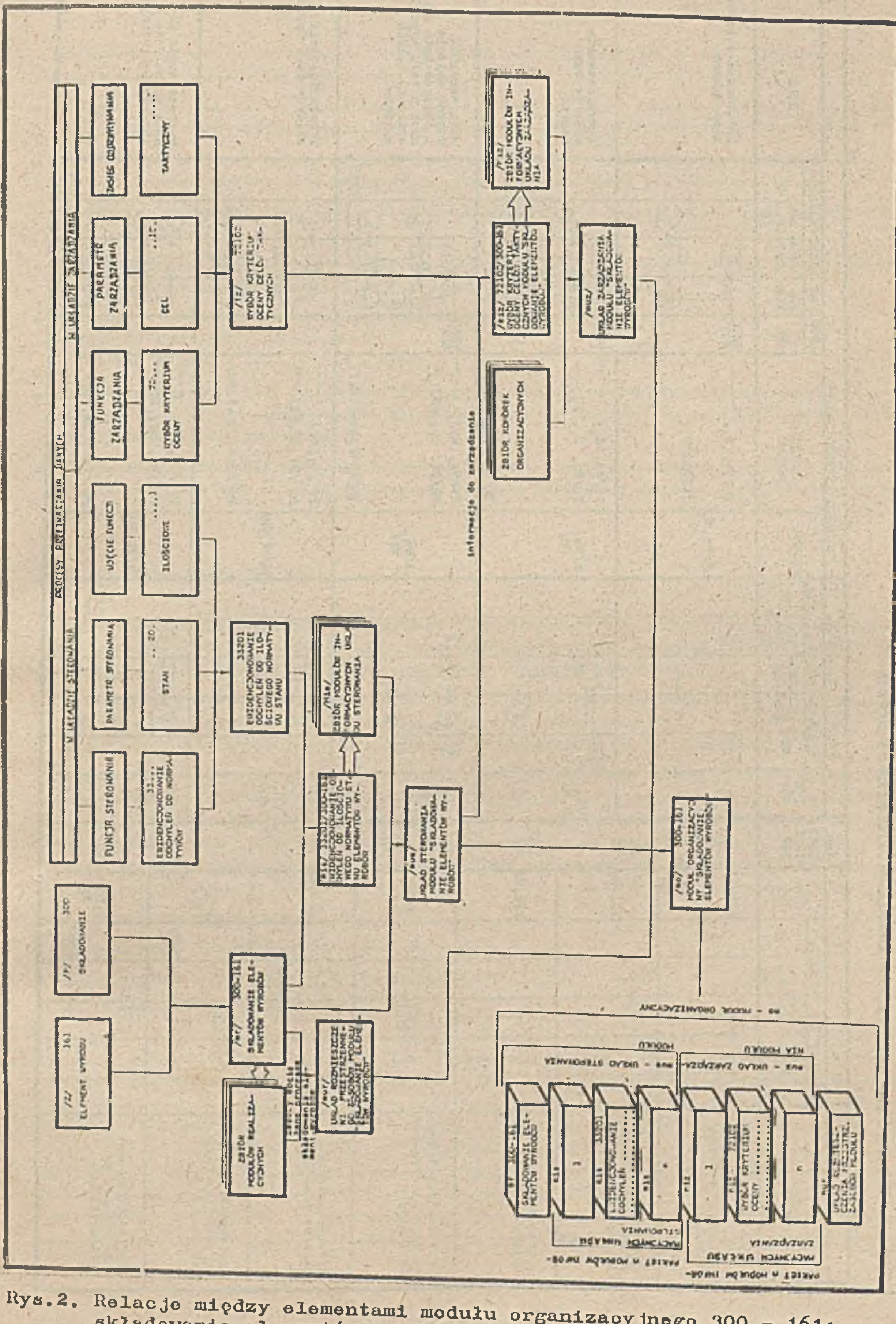
- uniwersalnością, tj. możliwością szerokiego zastosowania w przedsiębiorstwach przemysłu maszynowego, niezależnie od charakterystyki zasobów i procesów występujących w przedsiębiorstwie,
- kompleksowością, tj. objęciem całej działalności przedsiębiorstwa (z wyłączeniem gospodarki nieprzemysłowej); w strukturze hierarchicznej systemu produkcyjnego, system MoSIP obejmuje:

  poziom 1 - sterowanie procesami produkcyjnymi w czasie zbliżonym do rzeczywistego,
  poziom 2 - lokalne przetwarzanie danych,
  poziom 3 - centralny system przetwarzania danych,
  poziom 4 - zarządzanie przedsiębiorstwem,

- możliwością eksploatowania na różnorodnym sprzęcie komputerowym, dobranym odpowiednio do warunków i potrzeb konkretnego przedsiębiorstwa.

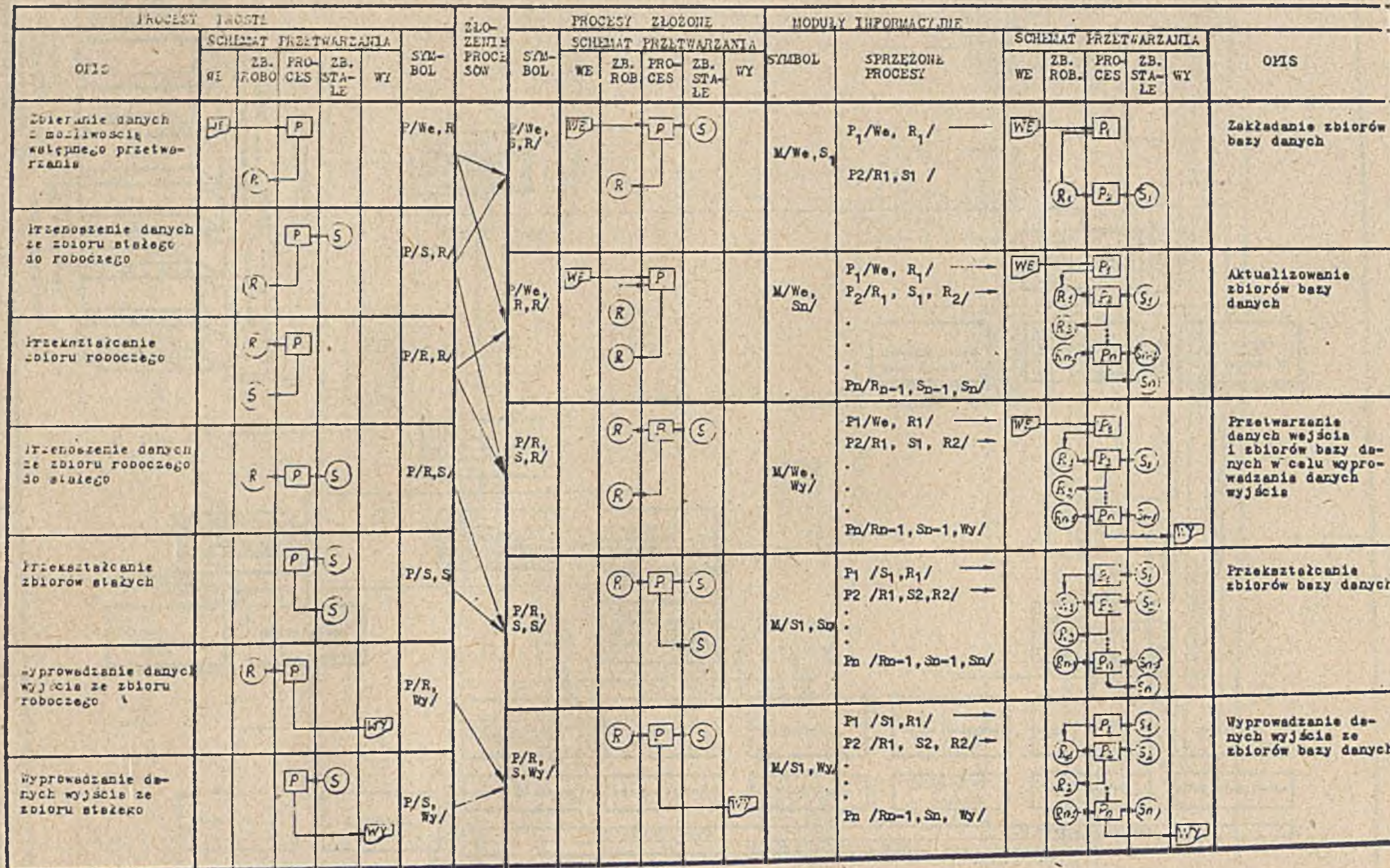


Rys. 1. Relacje między elementami systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa



Rys.2. Relacje między elementami modułu organizacyjnego 300 - 161: składowanie elementów wyrobów

Tab.2. Klasyfikator typów modułów informacyjnych



PROCESY PROSTE

OPIS	SYMBOL
Zbieranie danych z możliwością wstępnego przetwarzania	P/We,R
Przenoszenie danych ze zbioru stałego do roboczego	P/S,R/
Przekształcanie zbioru roboczego	P/R,R/
Przenoszenie danych ze zbioru roboczego do stałego	P/R,S/
Przekształcanie zbiorów stałych	P/S,S
Wyprowadzanie danych wyjścia ze zbioru roboczego	P/R, Wy/
Wyprowadzanie danych wyjścia ze zbioru stałego	P/S, Wy/

PROCESY ZŁOŻONE

SYMBOL
P/We, S,R/
P/We, R,R/
P/R, S,R/
P/R, S,S/
P/R, S,Wy/

MODUŁY INFORMACYJNE

SYMBOL	SPRZĘŻONE PROCESY	OPIS
M/We,S1	P1/We, R1/ P2/R1,S1 /	Zakładanie zbiorów bazy danych
M/We, Sn/	P1/We, R1/ P2/R1, S1, R2/ . . . Pn/Rn-1, Sn-1, Sn/	Aktualizowanie zbiorów bazy danych
M/We, Wy/	P1/We, R1/ P2/R1, S1, R2/ . . . Pn/Rn-1, Sn-1, Wy/	Przetwarzanie danych wejścia i zbiorów bazy danych w celu wyprowadzania danych wyjścia
M/S1, Sn	P1 /S1,R1/ P2 /R1,S2,R2/ . . . Pn /Rn-1, Sn-1, Sn/	Przekształcanie zbiorów bazy danych
M/S1, Wy	P1 /S1,R1/ P2 /R1, S2, R2/ . . . Pn /Rn-1, Sn, Wy/	Wyprowadzanie danych wyjścia ze zbiorów bazy danych

Ze względu na wymienione kryteria oceny i charakterystykę użytkową systemu, przyjęto odpowiednie założenia metodologiczne jego budowy i wdrożenia.

- Integracja systemu MoSIP, budowanego do celów automatyzacji sterowania procesami i zarządzania z programem automatyzacji technicznego przygotowania produkcji i procesów produkcyjnych.
- Nowoczesność metody i technik projektowania systemu MoSIP, wyrażająca się przede wszystkim pełną modularnością systemu oraz komputerowym wspomaganiem procesu projektowania.
- Standaryzacja elementów systemu, a w szczególności danych i relacji między nimi, algorytmów oraz nośników danych.
- Uprzywilejowanie rozproszonego systemu przetwarzania danych, wykorzystującego sprzęt komputerowy produkcji krajów członków Rady Wzajemnej Pomocy Gospodarczej.
- Unifikacja systemów zarządzania centralnymi bazami danych
  - dla EMC ODRA 1300 - system DMS-2,
  - dla EMC JS RIAD - systemy STEP i RODAN.
- Jednolitość cyklu budowy systemu MoSIP i jego wdrażania w przedsiębiorstwach przemysłu maszynowego, wynikająca ze zdefiniowania optymalnej struktury poziomów rozwoju zastosowania elektronicznego przetwarzania danych.
- Wdrażanie systemu MoSIP w wybranych przedsiębiorstwach, wykorzystujących EMC ODRA 1305 (dominujące obecnie w MPM), a po zweryfikowaniu projektu logicznego systemu, oprogramowanie na maszynach JS EMC.

Struktura logiczna systemu MoSIP

Podstawą metodologicznej koncepcji systemu MoSIP jest jego modularna struktura logiczna. Stworzenie możliwości sformalizowanego opisu systemu informatycznego dowolnego przedsiębiorstwa za pomocą zbioru standardowych modułów informacyjnych, wymagało przyjęcia:

- standardowych klasyfikatorów cech strukturalnych systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa,
- jednolitej interpretacji relacji występujących między tymi cechami,
- jednolitej interpretacji modułów informacyjnych (składników struktury systemu).

Technika odwzorowania fizycznej struktury systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa przemysłowego, obowiązująca w systemie MoSIP, odpowiada założeniom podanym w opracowaniu pt. "Zintegrowany system automatyzacji przemysłu maszynowego". Zgodnie z tymi założeniami w systemie MoSIP wyróżniono ok. 120 modułów realizacyjnych (fizycznych), będących obiektami sterowania. Przyjętą interpretację relacji, występujących między strukturalnymi elementami systemu produkcyjnego przedsiębiorstwa podano na rys. 1. Zgodnie z tą interpretacją, w strukturze systemu występują zbiory:

- m_r - modułów realizacyjnych,
- m_{is} - modułów informacyjnych układu sterowania,
- m_{iz} - modułów informacyjnych układu zarządzania,
- m_o - modułów organizacyjnych.

Przykład relacji zachodzących między elementami modułu organizacyjnego "300 - 161: składowanie elementów wyrobów" podano na rys. 2. Sposób dochodzenia do interpretacji modułu informacyjnego, przyjętej w systemie MoSIP, ilustruje tab. 2. Pierwotnie przyjęto interpretację modułu informacyjnego, odpowiadającą prostemu procesowi przetwarzania danych, wyróżniając tym samym siedem typów modułów. W praktyce ten podział okazał się zbyt szczegółowy i spowodował powstawanie bardzo złożonych interpretacji modułu informacyjnego. Interpretacja modułu odpowiadająca złożonemu procesowi przetwarzania danych (tab.2)wykazała niewystarczające uproszczenie. Ostateczna interpretacja modułu informacyjnego wynika ze sprzężenia prostych i złożonych procesów przetwarzania danych. Wyróżniono w ten sposób pięć typów modeli modułu informacyjnego(tab.2.). Interpretacja ta stanowiła podstawę do budowy funkcji sterowania i zarządzania, a tym samym również modułów informacyjnych, opisanych

w opracowaniu pt. "Automatyzacja zarządzania przedsiębiorstwem". Zgodnie z tą interpretacją występuje 5 modeli modułów informacyjnych, które z punktu widzenia wyniku przetwarzania, można zgrupować w dwa typy:

- moduły informacyjne przekształcające zbiory stałe (podstawowe),
- moduły informacyjne wyprowadzające dane na nośniki wyjścia.

Odpowiednio do przyjętych założeń metodologicznych, synteza modułów informacyjnych w modele sterowania i zarządzania, następuje w drodze wyboru (ze zbioru modułów standardowych) odpowiednich wariantów tych modułów i zestawienia ich w schemat logiczny. Przykład fragmentu modelu sterowania modułu realizacyjnego "gospodarka elementami wyrobów (O-16)", adaptowanego dla przedsiębiorstwa POLMATEX WIFAMA w Łodzi, przedstawiono na rys. 3.

Cykl modelowania systemu informatycznego przedsiębiorstwa wykorzystującego standardy systemu MoSIP

Odpowiednio do przyjętych założeń metodologicznych, poza klasyfikatorami zasobów, procesów i funkcji, w skład pakietu standardów systemu MoSIP wchodzą:

- dane pojęciowe i relacje między nimi,
- algorytmy przetwarzania danych do celów sterowania procesami i zarządzania,
- nośniki danych wyjścia,
- oprogramowanie EMC (w kilku wersjach).

Projektowanie systemu informatycznego przedsiębiorstwa wykorzystującego powyższe standardy, opiera się na następujących założeniach metodologicznych:

- modelowanie systemu informatycznego polega na homomorficznym odwzorowaniu systemu rzeczywistego (tylko dla istotnych elementów i relacji - na odwzorowaniu izomorficznym) w taki sposób, aby model opisywał działanie systemu rzeczywistego w granicach ustalonych norm odchyleń,
- budowa modelu systemu informatycznego wymaga odwzorowania działania systemu (modele funkcjonalne) oraz jego elementów i ich własności (modele strukturalne),
- w cyklu modelowania systemu informatycznego, podstawowe znaczenie ma synteza standardowych jego składników, tj. modeli modułów informatycznych, a uzupełniające - analiza.

Pełny cykl modelowania przedstawiono na rys. 4. Cykl ten charakteryzuje się dwoma podstawowymi cechami:

- podziałem na fazy, wyodrębnione według wielkości obiektu;
- występowaniem w każdej fazie dwóch form modelowania, wyodrębnionych według kryterium stopnia zależności od typu sprzętu do przetwarzania danych.

Według pierwszego kryterium występuje podział na cztery fazy.

- I faza - modelowanie strategiczne

Wynikiem tej fazy jest syntetyczny (koncepcyjny) model systemu informatycznego przedsiębiorstwa, opracowany techniką ekspertyzy.

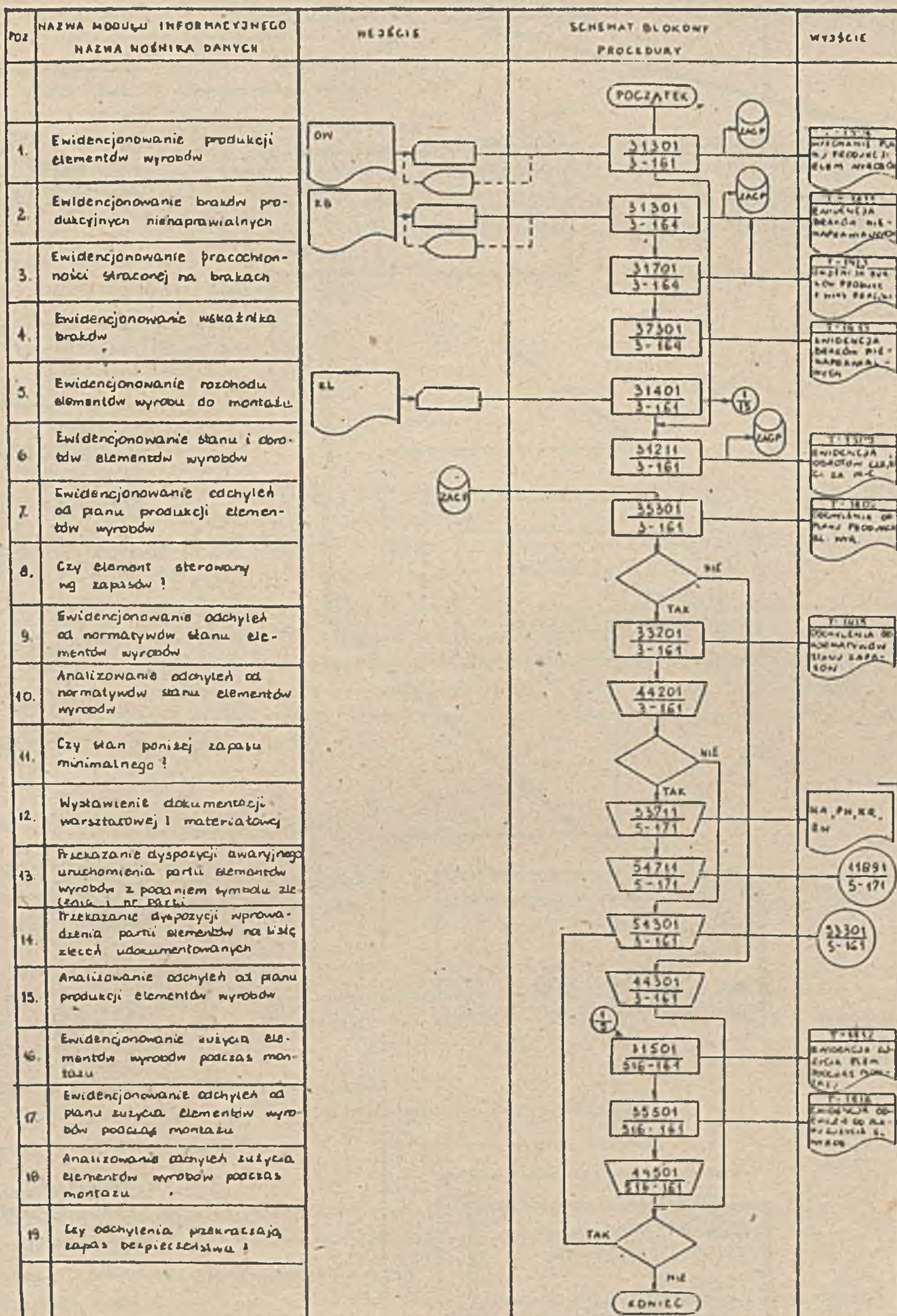
- II faza - modelowanie taktyczne

Obiektem modelowania są podsystemy informatyczne oraz wydzielone w ich ramach obszary, podlegające sterowaniu według odrębnych modeli. Wynikiem modelowania jest pakiet zaadaptowanych modeli standardowych uzupełniony modelami specjalnymi.

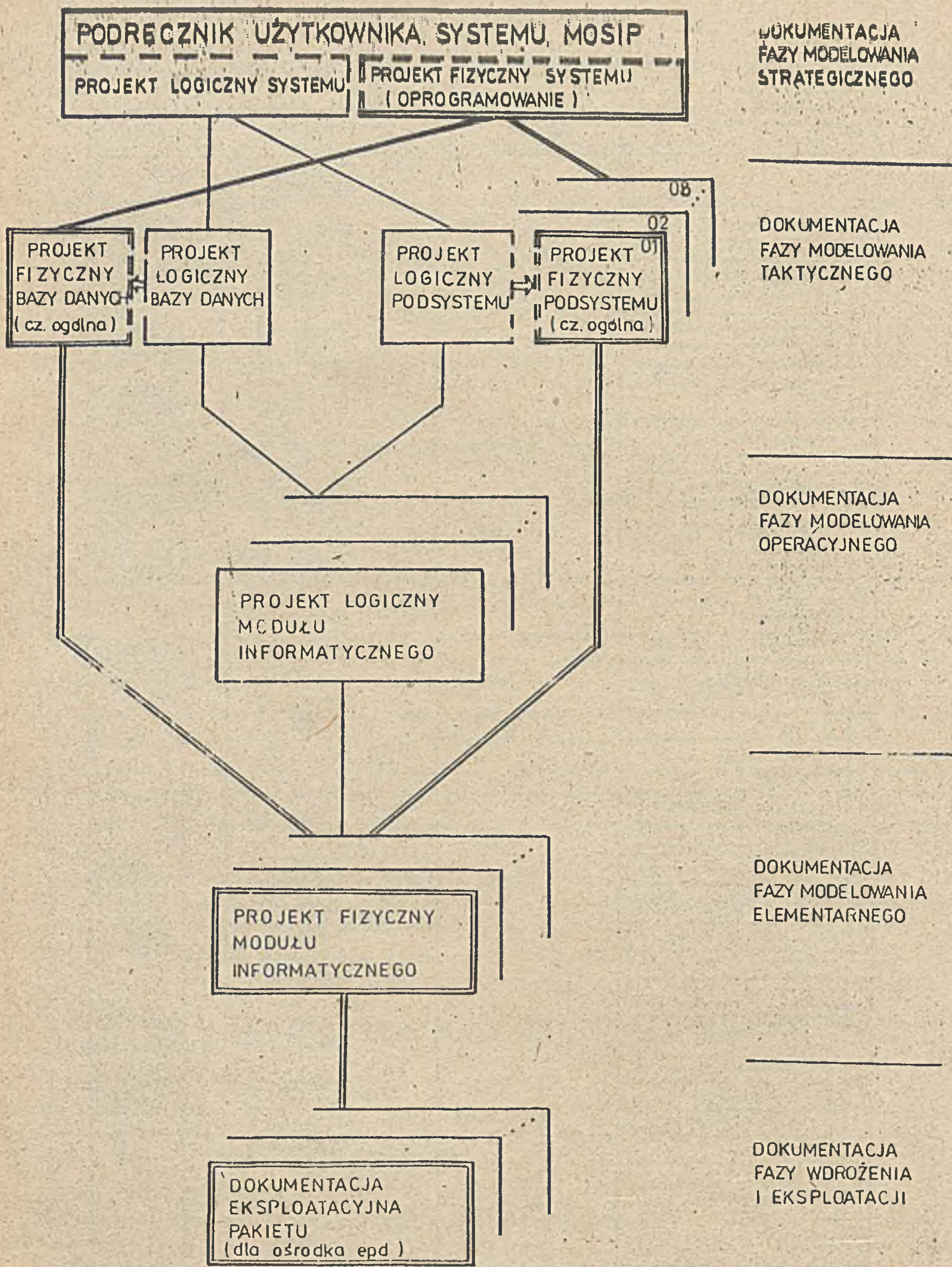
- III faza - modelowanie operacyjne

Obiektem modelowania są pojedyncze moduły informatyczne, wybrane w fazie poprzedniej. Wynikiem modelowania są:

- pakiet zaadaptowanych modeli standardowych, uzupełniony modelami specjalnymi,
- model schematu wspólnej bazy danych,
- pakiet modeli subschematów dla programów użytkowych.



Rys. 3. Model sterowania "gospodarką elementami wyrobów - faza ewidencjonowania



Rys.4. Cykl modelowania systemu informatycznego
═══ realizowane przez ZETO ─── realizowane przez ORGAM

- IV faza - modelowanie elementarne

Obiektem modelowania jest praca urządzeń do przetwarzania danych. Wynikiem modelowania jest:
- model oprogramowania bazy danych,
- pakiet modeli oprogramowania modułów informatycznych,
- model makro-systemu operacyjnego EMC,
- model eksploatacji EMC.

Na rys. 4 podano zestawienie podstawowych modeli powstających w poszczególnych fazach. W trzech pierwszych fazach występują modele logiczne, niezależne od typu sprzętu do przetwarzania danych, oparte na bibliotece standardów systemu MoSIP. Fizyczne modele ściśle związane są natomiast z określonym sprzętem i dlatego biblioteka systemu MoSIP obejmuje kilka wersji standardowych modeli fizycznych, a mianowicie:

- wersja EMC ODRA 1300 (GEORGE3 - DMS2)
- wersja EMC RIAD (DOS-STEP)
- wersja EMC RIAD (OS-RODAN)
- wersja MERA 300,
- wersja IBM S7,
- wersja DARO OPTIMA 1415
- wersja MERA 9150.

Począwszy od 1978 r. stopniowo do cyklu modelowania włącza się komputerowe środki wspomagające ten proces. Podstawowym środkiem jest procesor projektu logicznego systemu informatycznego, wykorzystujący język opisu PSL (Problem Statement Language) oraz analizator PSA (Problem Statement Analyzer). Programy PSA są obecnie eksploatowane na komputerze R32.

Moduły MoSIP są sukcesywnie opisywane w języku PSL, a następnie wprowadzane do bazy danych analizatora systemu PSA. Analizator wykonuje kontrolę logiczną systemu pod względem spójności, niesprzeczności, szczegółowości i zupełności informacji, umożliwiając wyeliminowanie błędów. Wynikiem tego procesu jest dokumentacja projektu logicznego w formie zbioru tabulogramów, budowana dla kolejnych poziomów systemu MoSIP. Przewiduje się rozszerzenie zastosowania tych środków na cały cykl modelowania systemu MoSIP.

Program budowy i wdrożenia systemu MOSIP

System MoSIP buduje się jako podstawowy element hierarchicznego resortowego systemu informatycznego. Obejmuje on cztery poziomy struktury hierarchicznej (1 do 4) i jest oprogramowywany w kilku wersjach.

- Poziom 1. Sterowanie procesami w czasie zbliżonym do rzeczywistego
  - w pierwszej fazie (do 1978 r.) oprogramowanie Systemu 7 firmy IBM, następnie sprzętu produkcji krajowej - własnej konstrukcji MERA-ELWRO lub odpowiednika Systemu 7 - KA10 uruchamianego w CRSS.
- Poziom 2. Lokalne przetwarzanie danych
  - zbieranie ze wstępnym przetwarzaniem danych na nośnikach magnetycznych na urządzeniach:

    MERA 9150 (taśma magnetyczna)
    PSPD 90 (dyski elastyczne)
  - emisja dokumentacji na elektronicznych automatach biurowych DARO OPTIMA 1415
  - lokalne przetwarzanie danych na minikomputerach MERA 300.
- Poziom 3. Centralne przetwarzanie danych
  - przetwarzanie na EMC ODRA 1300, przy zastosowaniu systemu zarządzania bazą danych DMS-2 (Data Management System-Stage 2),
  - przetwarzanie na JS EMC RIAD, przy zastosowaniu uniwersalnego systemu zarządzania bazą danych RODAN oraz systemu STEP,

Tab.3. Struktura poziomów rozwoju systemu MOSiP

Poziom hierarchicznego przetwarzania danych			Poziom zastosowania EPD: Bazowy (1)	Rozwinięty (2)	Kompleksowy (3)	Aktywnego zarządzania (4)
4	Przetwarzanie danych do zarządzania					GPP 10, GST 3, GM 3, GZ 2, GF 5 23
3	Przetwarzanie centralne na EMC	ODRA serii 1300	GPP 25 25	GPP 50, GST 30, GM 25, GZ 20, GF 25 150	GPP 65, GST 55, GE 5, GPW 30, GM 35, GZDF 10, GZ 40, GF 30 270	
		JS RIAD	GPP 25 25		GPP 65, GST 55, GE 5, GPW 30, GM 35, GZDF 10, GZ 40, GF 30 270	
2	Przetwarzanie lokalne na minikomputerach			GPP 15, GM 5 20	GPP 15, GST 5, GPW 5, GM 5, GZ 5, GF 5 40	
1	Przetwarzanie danych źródłowych	Zbieranie danych na nośnikach magnetycznych			GPP 5, GM 5, GF 5 15	
		Sterowane w czasie zbliżonym do rzeczywistego			GPP 10, GM 7, GZ 3 20	
Ogółem			GPP 25 25	GPP 65, GST 30, GM 30, GZ 20, GF 25 170	GPP 95, GST 60, GE 5, GPW 35, GM 52, GZDF 10, GZ 48, GF 40 345	GPP 10, GST 3, GM 3, GZ 2, GF 5 23

- Poziom 4. Zarządzanie - brak sprzętu spełniającego wymagania funkcji zarządzania powoduje, że ten poziom znajduje się w fazie badań i doświadczeń.

Ze sklasyfikowanego zbioru modułów informacyjnych układu sterowania wybrano podzbiór 345 modułów, dla których zastosowanie elektronicznego przetwarzania danych jest technicznie możliwe i ekonomicznie uzasadnione w okresie do 1980 r. Opracowanie projektu logicznego, tak dużego systemu informatycznego oraz jego oprogramowanie, wymagałoby około 4 lat i stwarzałoby znaczne zagrożenie możliwości wdrażania systemu ze względu na:

- brak nowoczesnych narzędzi programowych, pozwalających przeprowadzić analizę poprawności projektu logicznego,
- brak weryfikacji elementów budowanego systemu informatycznego w warunkach eksploatacji przemysłowej.

Spowodowałoby to ponadto uzyskanie pierwszych wdrożeń dopiero w 1979 r., a rozpowszechnianie systemu po 1980 r. Dlatego przyjęto założenie, że budowa i wstępne wdrażanie systemu MoSIP będzie następować krocząco, kolejnymi poziomami rozwoju systemu. Poszczególne poziomy charakteryzują się określonym zbiorem modułów informatycznych, eksploatowanych w określonym obszarze działania przedsiębiorstwa (gospodarce) oraz przy zastosowaniu określonej techniki przetwarzania danych. W tabeli 3 podano zestawienie modułów informatycznych projektowanych i wstępnie wdrażanych na poszczególnych poziomach systemu MoSIP. W programie na lata 1976-1980 wyróżniono trzy poziomy rozwoju systemu.

- Poziom bazowy - obejmuje zbiór 25 modułów informatycznych, pozwalających na założenie i prowadzenie bazy danych oraz okresowe planowanie i ewidencjonowanie produkcji wyrobów i ich elementów. Na tym poziomie wykorzystuje się tylko główny komputer systemu i centralną bazę danych, zarządzaną za pomocą programów DMS-2 (ODRA) i STEP lub RODAN (RIAD).

- Poziom rozwinięty - obejmuje zbiór 170 modułów informatycznych, które rozszerzają poziom bazowy o funkcje analitycznego planowania, ewidencjonowania odchyleń od planów i normatywów oraz bilansowania w obszarze pięciu gospodarek. Na tym poziomie, poza głównym komputerem, eksploatuje się system w warunkach częściowego rozproszenia przetwarzania danych, polegającego na lokalnym przetwarzaniu danych (20 modułów) w obszarze dwóch gospodarek.

- Poziom kompleksowy - obejmuje 345 modułów informatycznych w obszarze ośmiu gospodarek. Poza przetwarzaniem centralnym i lokalnym, przewiduje się dalsze rozproszenie systemu. Obejmuje on sterowanie procesami w czasie zbliżonym do rzeczywistego (20 modułów), zbieranie danych na nośniki magnetyczne (15 modułów) i przetwarzanie danych na elektronicznych automatach biurowych. Na tym poziomie system będzie rozszerzony o funkcje regulacji przebiegów procesów. Zgodnie z obowiązującym planem koordynacyjnym problemu węzłowego 05.3, w ramach którego następuje budowa i wdrożenie systemu MoSIP:

- w 1978 r. zakończono pilotowe wdrażanie systemu MoSIP na poziomie rozwiniętym w wersji ODRA 1300,
- w 1980 r. będzie zakończone pilotowe wdrażanie systemu MoSIP na poziomie kompleksowym w obydwu wersjach,

Mieczysław GRONEK
PONAR-BIPRON

Rola języka opisującego działalność przedsiębiorstwa w aspekcie porządkowania struktur organizacyjnych oraz automatyzacji

Wprowadzenie

Rozwój nauki i techniki, szczególnie techniki o wysokim stopniu mechanizacji i automatyzacji, jako siły napędowej w rozwoju społeczno-gospodarczym, zapewnia równowagę między stanami zasobów rzeczowych i osobowych, procesami przekształcania zasobów w przedmioty potrzeb, potrzebami a informacją o stanach tych zasobów i potrzeb oraz procesach; równowaga ta jest niezbędna do ich poznania i kształtowania, decyduje o sprawności organizacji procesów pracy, skuteczności kierowania i zarządzania ich przebiegiem oraz o efektywności gospodarowania zasobami w produkcyjnej działalności przedsiębiorstwa. Zrównoważenie elementu informacyjnego z pozostałymi elementami decyduje o rozwoju automatyzacji przebiegu procesów produkcyjnych, czyli wyzwalaniu człowieka od prac zrutynizowanych na korzyść pracy twórczej.

Celem opracowania jest przedstawienie ogólnej charakterystyki następujących problemów:

- działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa,
- warunków rozwoju automatyzacji wspomaganej komputerowo w przedsiębiorstwie,
- języka opisującego rzeczywistość przedsiębiorstwa produkcyjnego i jego roli w organizacji procesów pracy oraz automatyzacji ich przebiegu,
- uściślenia kategorii funkcja, układ, system i struktura, prezentacja ogólnych zasad metody "MIGRON" i budowy języka opisującego działalność przedsiębiorstwa za jej pomocą umożliwiającego komputerowe wspomaganie.

Ogólna charakterystyka działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa

Celem działalności produkcyjnej przedsiębiorstwa jest:

- wytwarzanie wyrobów stanowiących przedmiot potrzeb społeczno-gospodarczych,
- świadczenie usług związanych z ich eksploatacją u użytkowników (zużywanie lub zużycie w wypadku wyrobów trwałego użytku)
- tworzenie i powiększanie dochodu narodowego w wyniku stałego wzrostu wydajności procesów pracy i gospodarności zasobami,
- rozwój zdolności wytwórczej przedsiębiorstwa.

W miarę rozwoju potrzeb i społecznego podziału pracy wzrasta różnorodność i złożoność wyrobów, komplikuje się sposób ich wytwarzania oraz warunki zaspokajania potrzeb społeczno-gospodarczych.

Wysoką efektywność gospodarowania zasobami uzyskuje się w wyniku analizy dotychczasowej działalności, świadomego, wynikającego ze szczegółowego rozpoznania - kształtowania działalności bieżącej, jako wyniku krytycznej oceny przeszłości i ambitnych, ale realnych planów rozwojowych, programów i prognoz. Stała analiza związków między wynikami osiągniętymi w przeszłości a uzyskiwanymi bieżąco oraz konfrontacja ich z planami rozwoju, umożliwia świadome angażowanie społeczne do ich realizacji.

Realizacja celów społeczno-gospodarczych, podejmowanie decyzji wywołujących zamierzone i optymalne w danych warunkach pracy efekty bieżące, zapewniające systematyczny rozwój społeczno-gospodarczy kraju, wymaga informacji odpowiedniej pod względem rodzajowym, jakościowym i ilościowym. Dopływ właściwych informacji warunkuje poprawną sprawność funkcjonowania oraz osiąganie większej efektywności gospodarowania zasobami i zaspokajania stale rosnących potrzeb społeczno-gospodarczych.

Cybernetyka wzbogaciła nasze poglądy na podstawowe elementy działalności produkcyjnej. Zamiast tradycyjnego obrazu złożonego z materii i energii uzyskaliśmy obraz, w którym występuje oprócz dwóch wymienionych składników trzeci, tj. informacja, bez której nie mogą istnieć zorganizowane jednostki gospodarcze, a więc przedsiębiorstwa i skupiające je organizacje gospodarcze.

Następujące po sobie w procesie produkcyjnym przemiany energetyczne i materialne wiążą się w nierozerwalny splot zdarzeń, stanowiących źródło informacji o zjawiskach zachodzących w tych procesach oraz stanach materialnych, jako ich wyniku.

Należy podkreślić, że ciągłe dążenie do intensyfikacji procesów produkcyjnych przez mechanizację i automatyzację wywołuje potrzebę korzystania z coraz większej liczby danych oraz konieczność przetwarzania ich w bardzo krótkim czasie. Praktycznie informacje dzielimy na trzy grupy:

- informacje źródłowe identyfikujące i klasyfikujące jednostkowo lub zbiorczo wyróżnione stany przedmiotów oraz procesy ich powstawania,
- informacje statystyczne, obrazujące zróżnicowaną strukturę rodzajową i cechy zbiorowości tych stanów lub procesów oraz ich wzajemne relacje,
- informacje naukowe, wyrażające prawidłowości powstawania stanów i przebiegu procesów.

Informacje źródłowe, a na ich podstawie i informacje statystyczne są wykorzystywane do poznania, badania i świadomego kształtowania działalności produkcyjnej, służącej zaspokajaniu potrzeb społeczno-gospodarczych.

Wiadomo jednak również, że punktem wyjścia do stosowania metod statystycznych jest:

- ścisłe określenie zbiorowości objętej statystyką (identyfikacja),
- określenie dla każdej zidentyfikowanej jednostki w zbiorowości tych cech, które uznajemy za istotne z interesującego nas punktu widzenia (klasyfikacja),
- podanie liczby jednostek w zidentyfikowanej grupie posiadającej te cechy.

Z tak przygotowanego surowego materiału statystycznego możemy dopiero uzyskać zamierzone, zgodne z potrzebami informacje statystyczne, pozwalające zorientować się w danej dziedzinie produkcyjnej. W statystyce, zwłaszcza przy wykorzystaniu elektronicznej techniki obliczeniowej, możemy stosować skomplikowane metody matematyczne, pozwalające prowadzić wszechstronne badania niezbędne do intensyfikowania rozwoju i osiągania wysokiej efektywności gospodarowania.

W socjalistycznej gospodarce statystyka jest podstawowym narzędziem planowania, z tym, że wymaga przyjęcia określonej logiki i technologii tego planowania. Wynikają one z konkretnej sytuacji społeczno-gospodarczej. Wykorzystanie statystyki jest szczególnie efektywne wówczas, gdy zaspokaja ona nie tylko potrzeby bieżące, ale tworzy podstawy do podejmowania decyzji strategicznych, umożliwia ocenę rozpatrywanej sytuacji i planowanie perspektywiczne. Jest to jednocześnie niesłychanie obfity i bardzo cenny materiał do badań naukowych, swoistego typu doświadczenia społecznego. W ustroju socjalistycznym naukowcowi nie wolno pracować w oderwaniu od aktualnych potrzeb życia. Pierwszym obowiązkiem badacza jest dostarczenie tego, co jest niezbędne w bieżącej działalności społeczno-gospodarczej. Podstawą jego działań muszą być w związku z tym informacje źródłowe i statystyczne do wnioskowania naukowego. Działalność naukowa ma bardzo istotne znaczenie dla rozwoju automatyzacji procesu pracy, która wprowadzana do procesu informacyjnego przygotowania produkcji i jej przebiegu, transportu, ewidencji i zarządzania umożliwia samoczynne sterowanie i regulację różnych procesów. Automatyzacja procesu wymaga naukowego opisu jego przebiegu.

<u>Warunki automatyzacji wspomaganej komputerowo</u>

Elektroniczna technika obliczeniowa stwarza szerokie możliwości precyzyjnego poznania rzeczywistości produkcyjnej i racjonalnego jej kształtowania. Efekty stosowania ETO mogą być wielokrotnie większe niż osiągane dotychczasowymi metodami.

Wdrażanie elektronicznej techniki obliczeniowej jako narzędzia w organizacji pracy i automatyzacji jej przebiegu daje dotychczas ograniczone i cząstkowe efekty. Brak jest praktycznych przykładów zintegrowanej automatyzacji w skali przedsiębiorstwa lub wielkiej organizacji gospodarczej.

Dotychczasowe doświadczenia w tym zakresie dowodzą, że możliwości komputera można wtedy wykorzystać w pełni, gdy język opisujący określoną dziedzinę działalności przedsiębiorstwa jest logicznie uporządkowany. Natomiast potoczny język, praktycznie stosowany do opisu działalności przedsiębiorstwa jest wieloznaczny, co utrudnia identyfikację i klasyfikację stanów materialnych i procesów oraz form organizacyjnych, niezbędnego warunku komputerowego przetwarzania. Zakres wspomagania komputerowego zależny jest od zakresu uporządkowania potocznego języka opisującego działalność przedsiębiorstwa. Zintegrowanie przetwarzania informacji źródłowych, statystycznych i naukowych w przedsiębiorstwie uwarunkowane jest systemowym uporządkowaniem całego zakresu języka, stosowanego do opisu działalności przedsiębiorstwa w kategoriach technicznych (technika, technologia i organizacja), ekonomicznych i finansowych.

Porządkowanie potocznego języka, używanego do opisu działalności przedsiębiorstwa w celach przetwarzania wspomaganego komputerowo, realizowane jest różnymi sposobami. Najczęściej robią to informatycy, reprezentujący formalne wymagania języka, niezbędne do elektronicznego przetwarzania informacji. Brak natomiast działalności porządkującej język przez komórki merytoryczne, w których znajomość semantyczna używanego języka jest największa. Natomiast współpraca między pracownikami merytorycznymi i informatykami pozostawia wiele do życzenia z różnych powodów, których tu nie będziemy omawiać. Taki sposób podejścia do porządkowania języka potocznego ogranicza możliwość automatyzacji przetwarzania informacji, nawet cząstkowo w ujęciu dziedzinowym i uniemożliwia automatyzację zintegrowanego przetwarzania informacji w przedsiębiorstwie w krótkim czasie.

Pokonanie tej bariery jest możliwe tylko wtedy, gdy zostanie opracowany kompleksowy tezaurus przedsiębiorstwa, czyli zbiór semantycznie i hierarchicznie powiązanych terminów (deskryptorów i askryptorów) w zakresie stanów materialnych, procesów i form organizacyjnych, występujących w przedsiębiorstwie, umożliwiający przekład wyrazów języka potocznego na terminy języka sformalizowanego, obowiązującego w przedsiębiorstwie do przetwarzania za pomocą komputera.

Prace w tym kierunku są rozpoczęte przez służby informacji naukowej technicznej i ekonomicznej. Rozpoczęto od tezaurusów dziedzinowych, następnie poprzez tworzenie tezaurusów branżowych i resortowych, z biegiem czasu nastąpi uporządkowanie języka potocznego w przedsiębiorstwie umożliwiające zintegrowanie przetwarzania informacji w szerokim zakresie. Zakończenie tych prac i możliwość korzystania z nich jest jednak zbyt odległa, należy więc szukać innych rozwiązań, które mogą się wzajemnie uzupełniać.

<u>Język opisowy i jego rola w organizacji procesów pracy i automatyzacji jej przebiegu</u>

Uporządkowany język opisujący działalność gospodarczą jest podstawowym narzędziem organizacji procesów pracy i automatyzacji ich przebiegu. Przedstawimy kilka funkcji tego języka.

<u>Funkcja nazywająca, zwana także poznawczą,</u> polega na nazywaniu przedmiotów - rzeczy, osób, zjawisk, zdarzeń, procesów oraz form ich wzajemnej organizacji, spostrzeganych przez człowieka w otaczającej go rzeczywistości.

W ten sposób powstaje zasób słów, będący niejako katalogiem rzeczywistości, czyli odbiciem tej rzeczywistości w wyrazach. Poznanie rzeczywistości odbywa się jednocześnie z poznaniem odpowiednich wyrazów lub nadaniem nowych wyrazów nowym fragmentom rzeczywistości. Nie ma aktu poznawczego bez odpowiedniego wyrazu. Wyraz bez znajomości jego znaczenia, czyli odpowiadającego mu fragmentowi rzeczywistości otaczającej człowieka lub zjawiska, zdarzenia czy procesu psychicznego jest pustym dźwiękiem.

<u>Funkcja komunikatywna</u> przejawia się wtedy, gdy jeden człowiek przekazuje drugiemu informacje albo decyzje o sobie lub otaczającej go rzeczywistości.

Te informacje albo decyzje mają najczęściej formę zdań wyrażających myśli mówiącego. Myślenie jest formułowaniem zdań w świadomości człowieka. Zdania sformułowane w świadomości, czyli myśli można zakomunikować innym osobom za pomocą ruchu ciała, mowy lub znaków pisanych (rysunków).

<u>Funkcja ekspresywna</u> polega na wyrażaniu uczuć, pozytywnych lub neutralnych.

Funkcja impresywna wyraża się w budzeniu odpowiednich nastrojów, uczuć i myśli u odbiorcy przekazu językowego.

Funkcja estetyczna zaspokaja potrzebę wzruszeń estetycznych i refleksji moralnych.

Język opisowy służy więc jako łącznik między ludźmi. W otoczeniu ludzi mówiących tym samym językiem człowiek ma poczucie wspólnoty, łączności z gromadą ludzką, solidarności i bezpieczeństwa. Język jest więc narzędziem kształtującym (organizującym) ludzkie:

- poznanie, w tym
  - rozpoznanie, - porównanie, - bilansowanie,
- myślenie, w tym
  - prognozowanie, - programowanie, - projektowanie,
  - planowanie w czasie zbliżonym do rzeczywistego (kalendarzowym).
- wiedzę
- umiejętności (wykorzystanie wiedzy),
- doświadczenie (gromadzenie umiejętności),
- działanie,
- współdziałanie.

Ta rola języka ma decydujące znaczenie dla organizacji procesów pracy w warunkach gospodarki socjalistycznej. W okresie rewolucji naukowo-technicznej, jako głównej siły napędowej rozwoju gospodarczego i podnoszenia poziomu życia ludzi pracy, język użyty do opisu organizacji procesów pracy i automatyzacji ich przebiegu ma rozstrzygające znaczenie dla jakości wyników pracy, sprawności form organizacyjnych i efektywności działania ludzi w procesach pracy we wszystkich przejawach działalności gospodarczej. Automatyzacja przebiegu złożonych procesów pracy wymaga precyzyjnego języka potocznego, dającego się łatwo formalizować matematycznie za pomocą specjalnych języków przetwarzania oraz cybernetycznie. Decydujące znaczenie w porządkowaniu języka potocznego ma uściślenie i wzajemne powiązanie kategorii funkcja, układ, system i struktura.

Kategoria "Funkcja"

Za pomocą pojęcia "funkcja" określa się nazwy czynności i stanów oraz nazwy cech. Ogólnie nazwy te określane są jako rzeczowniki oderwane, zwane także abstrakcyjnymi. Nazwę swoją zawdzięczają temu, że odnoszą się one do czynności, stanów lub cech traktowanych w oderwaniu od przedmiotu, z którym są normalnie związane, a więc od niego zależne. Inaczej mówiąc - do czynności, stanów i cech wyabstrahowanych z rzeczywistości, która jest nośnikiem tych funkcji. Pojęcie to w swojej treści jest bardzo pojemne i złożone. Rozwój nauki i techniki oraz rosnące zróżnicowanie i złożoność organizacji procesów pracy treść jego coraz bardziej wzbogaca. Zachodzi więc potrzeba jej uściślenia. Proponowane uściślenie w ujęciu swoim nie tylko ułatwi jego zrozumienie ale pozwoli również lepiej zrozumieć mechanizm materializmu dialektycznego i historycznego.

Przez pojęcie "funkcja" rozumiemy odwzorowanie rzeczywistości, bytu w świadomości człowieka, a poprzez świadomość wyrażoną w języku przedstawiającym tę rzeczywistość – byt , przeznaczonym do komunikowania się z innymi ludźmi. Dokonujemy tego za pomocą zdań zawierających podmiot i orzeczenie. Podmiot stanowią rzeczowniki, konkretne rzeczy lub osoby. Orzeczenie natomiast występuje w postaci orzeczenia czasownikowego lub orzecznika. W wyniku tego mamy dwie podstawowe grupy funkcji, czyli zależności.

Funkcje dynamiczne - czasownikowe, czyli zależne od czasu

Funkcje te są informacją o czasowym dynamicznym stanie rzeczy lub osoby, np.: jest, był(a) lub będzie oraz o procesie przebiegu w czasie zachowania albo zmiany jednego stanu rzeczy lub osoby w drugi np. - samochód będzie zmodernizowany, kierowca wozi pasażerów.

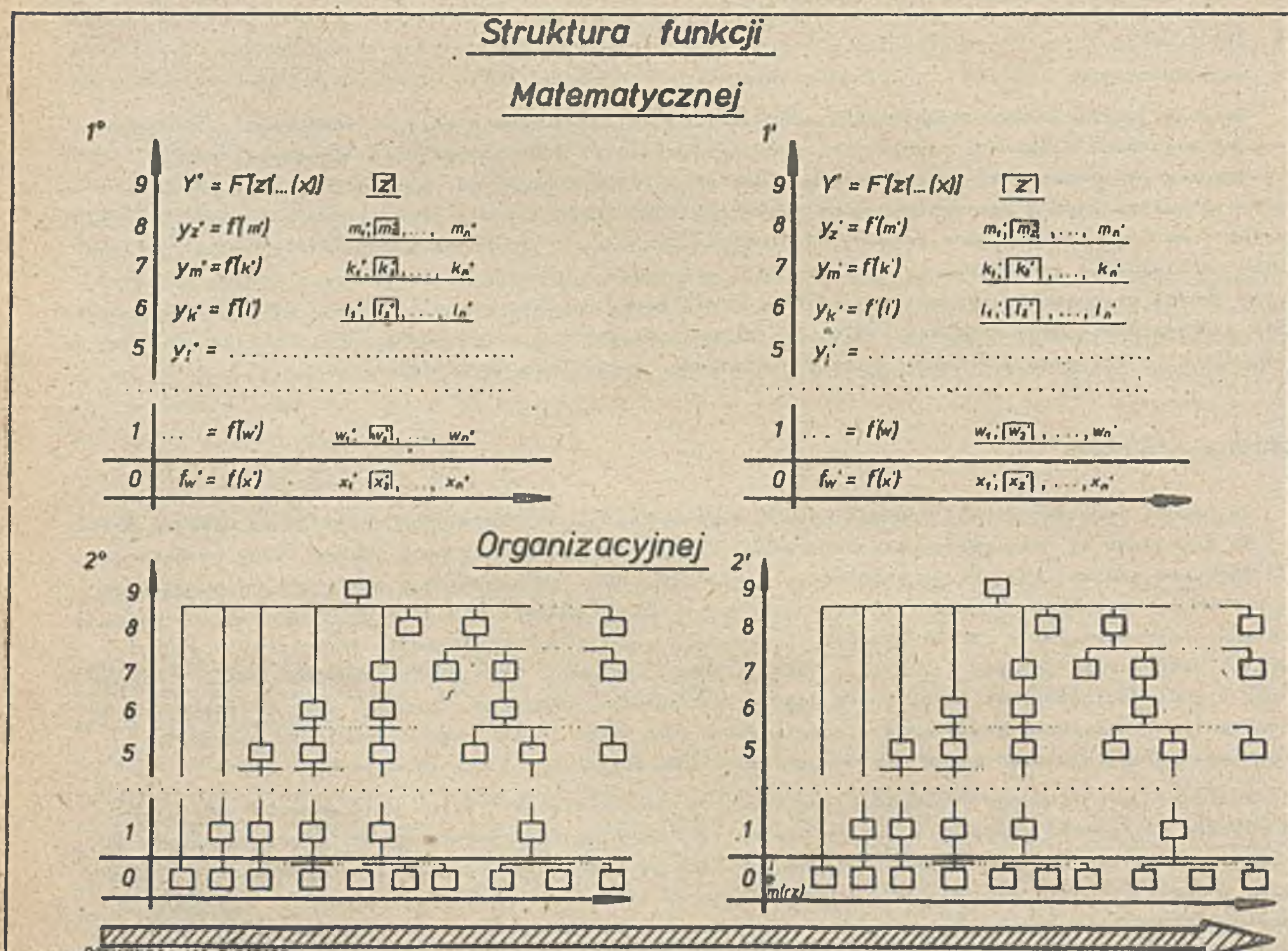
Funkcje statyczne - orzecznikowe, czyli zależne od przestrzeni

Funkcje te są informacją o przestrzennym stanie rzeczy lub osoby, a więc o ich cechach przestrzennych, np. - samochód jest zielony.

Funkcje te odwzorowują przestrzenno-czasowy stan rzeczywistości prostej lub złożonej i wobec tego mamy funkcje proste lub złożone, w zależności od tego jaki stan rzeczywistości one odwzorowują.

Propozycja uściślenia pojęcia funkcji za pomocą kategorii i kryteriów gramatycznych języka potocznego ma na celu jego ukonkretnienie we wzajemnym komunikowaniu się w przedsiębiorstwie. Tak ukonkretniony język potoczny umożliwia proste przejście do matematycznej postaci i innych sformalizowanych komputerowych języków przetwarzania informacji oraz do cybernetycznej postaci wyrażania rzeczywistości.

Ilustracją do tego jest rysunek 1. Na rysunku tym w postaci matematycznej przedstawiono modele dwóch stanów struktury organizacyjnej oraz odwzorowanie tych stanów, wyrażone w formie funkcji matematycznej.



Rys. 1. Struktura funkcji

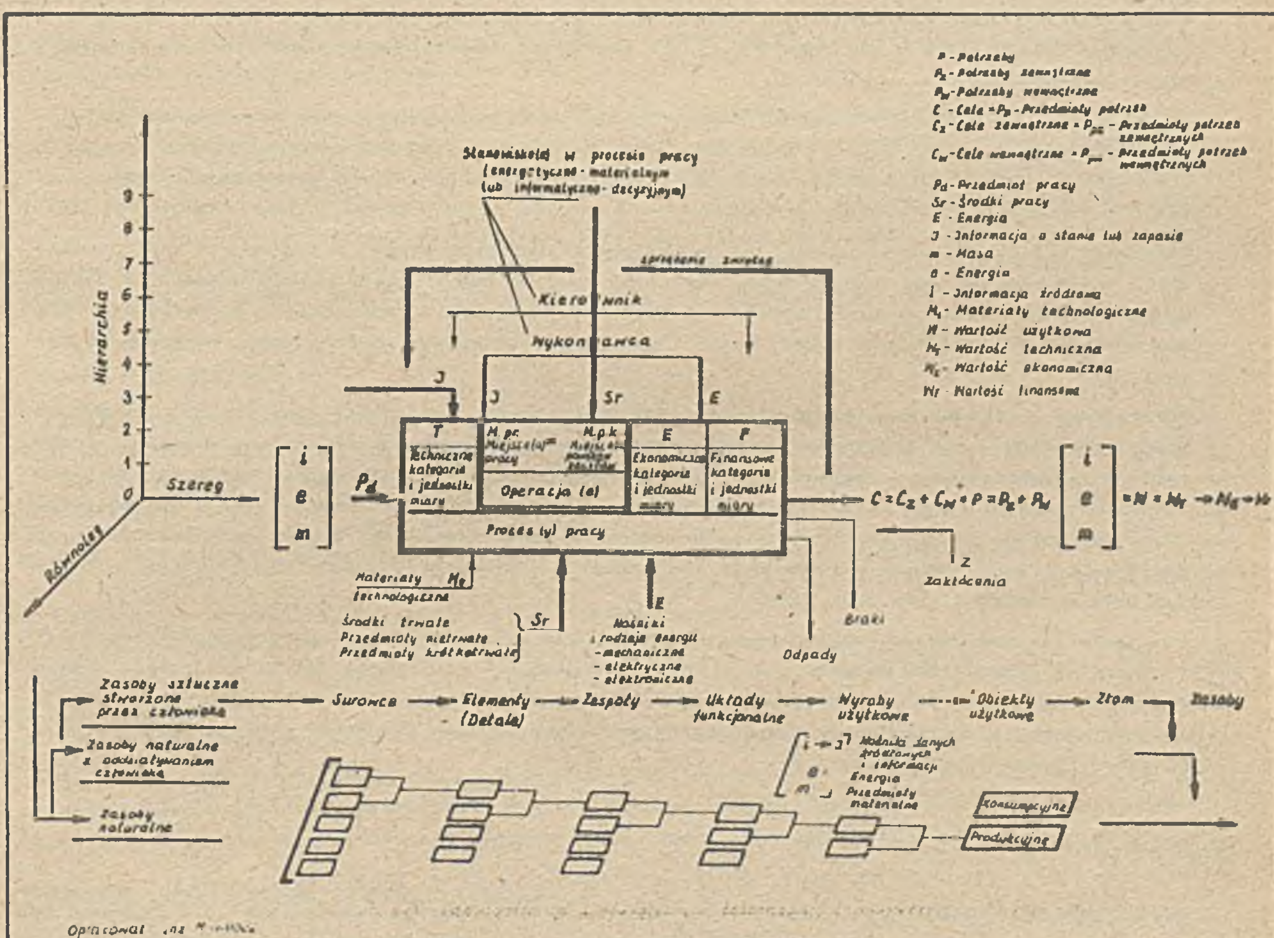
Poziom operacyjny "0" w strukturze organizacyjnej stanowi dziedzinę argumentów "x" w postaci funkcji matematycznej. Stan rzeczywisty funkcji organizacyjnej przedstawiony w punkcie 2°, odwzorowany jest za pomocą funkcji matematycznej w punkcie 1°. Z biegiem czasu występują zmiany w elementach struktury organizacyjnej, przede wszystkim w poziomie operacyjnym: w przedmiotach materia-

łnych (m) - rzeczach (rz), energii (e) i w informacji (i) o poprzednich stanach energetyczno-rzeczowych. Zmiany wyrażone w punkcie 2° odwzorowane są przez postać funkcji matematycznej w punkcie 1'. I właśnie opis stanu rzeczywistego w skonkretyzowanym języku potocznym umożliwia łatwo przejście na matematyczną postać funkcji, co umożliwia wykorzystanie metod matematycznych do analizy działalności przedsiębiorstwa.

Prezentowany na rysunku model struktury organizacyjnej może z powodzeniem dotyczyć złożonego wyrobu użytkowego, np.: samochodu albo obrabiarki, jak również struktury organizacyjnej zakładu albo przedsiębiorstwa, czy organizacji społecznej.

W graficznej postaci struktury funkcji organizacyjnej wyróżniono poziom "0", jako poziom detali w wyrobie użytkowym, co jednocześnie może przedstawiać poziom operacyjny procesu produkcyjnego, w którym odbywają się procesy rzeczowe (m), energetyczne (e) i informacyjno-źródłowe (i). Natomiast w postaci matematycznej poziom "0" ilustruje dziedzinę argumentów (x).

Cybernetyczne ujęcie podstawowej jednostki organizacyjnej przedsiębiorstwa tj. stanowiska i miejsca pracy operacyjnej przedstawia rysunek 2, dający pogląd na wzajemne powiązania i zależności między elementami procesu operacyjnego. W modelu tym wyróżniono podstawowe elementy operacyjnego procesu pracy każdego stanowiska i miejsca pracy w przedsiębiorstwie, które mogą być zidentyfikowane i sklasyfikowane w kategoriach technicznych i finansowych.



Rys. 2. Model identyfikacji i klasyfikacji technicznej, ekonomicznej i finansowej procesu pracy

Kategorie układ, system i struktura

Do uściślenia pojęcia system niezbędne było uściślenie pojęcia funkcja oraz konieczne jest przyjęcie w tej konwencji określenia układ.

Proponujemy więc układ zdefiniować następująco: układ jest to związek (powiązanie) osób lub rzeczy, wzajemnie na siebie działających - od siebie wzajemnie zależnych bezpośrednio lub pośrednio, który człowiek odwzorowuje w swojej świadomości lub pamięci, a poprzez nią wyraża w postaci języka, stanowiącego narzędzie komunikowania się wzajemnego.

Wtedy system możemy określić w ten sposób: system to układ o jednoznacznie, funkcyjnie i parametrycznie zdeterminowanych elementach, stanowiący wyróżnioną z otoczenia całość w postaci zamkniętej lub otwartej. Mówimy wtedy o systemie zamkniętym lub otwartym.

Natomiast struktura to sieć powiązań (budowa) i wzajemnych zależności (funkcje) elementów stanowiących układ lub system.

Definicje te adekwatnie odwzorowują rzeczywistość - osoby lub rzeczy oraz ich wzajemne powiązania i zależności bezpośrednie (działania) lub pośrednie (oddziaływania). Jednocześnie pozwalają nam podzielić układy na trzy grupy:

- aformalne: niezdeterminowane, a ruch i rozwój ich elementów odbywa się w wyniku prób i błędów, a więc doświadczenia lub strategii; dotyczy to przeważnie pojedynczych elementów układu lub ich pary, których stan i zachowanie może być poznawane w ograniczonym zakresie oraz z ograniczoną dokładnością;
- paraformalne: paradeterministyczne, a ruch i ich rozwój przebiega według procesów statystycznych, ważnych tylko dla układów makroskopowych, na które składa się wiele elementów i zachowanie takiego układu jest zdeterminowane probabilistycznie z określonym prawdopodobieństwem; możemy je nazwać układami parasystemowymi;
- formalne: układy, których elementy są jednoznacznie zdeterminowane, a ich ruch i rozwój przebiega według ściśle określonych praw, wystarczy znać to prawa i stan układu w danej chwili, żeby móc określić stany przeszłe i przyszłe tego układu dla dowolnej chwili; nie wątpi się przy tym w możliwości określenia stanu układu z dowolną dokładnością. Układy takie nazywamy systemami.

Podział ten ma bardzo istotne znaczenie, gdyż działalność przedsiębiorstwa obejmuje wszystkie te grupy. Człowiek, jako decydujący element układu przedsiębiorstwa znajduje się właśnie w grupie aformalnej, zorganizowany w większe grupy może być rozpatrywany paraformalnie czyli parasystemowo. Natomiast układy formalne to przede wszystkim systemy techniczne, mechaniczne i automatyczne, wspomagające człowieka lub zastępujące go w procesach zrutynizowanych. W procesach występujących we wszystkich trzech grupach układów może mieć miejsce wspomaganie komputerowe, ale treść, zakres i jego rola w każdym z nich jest inna.

Przyjęcie tak zdefiniowanych kategorii: funkcja, układ, system i struktura daje możliwość łatwego włączania pracowników merytorycznych do porządkowania - uściślenia języka potocznego w poszczególnych dziedzinach działalności przedsiębiorstwa, gdyż porządkowanie to odbywa się według gramatycznych reguł języka potocznego, a każdy pracownik posiada znajomość reguł gramatycznych i intuicyjne wyczucie ich stosowania.

Metoda MIGRON

Metoda MIGRON - Metoda Modelowania Ilości Grup Ruchu lub Rozwoju Rzeczywistości Opisywanej lub Ocenianej Nominalnie. Normatywnie lub Naukowo. Ocenę nominalną, normatywną lub naukową należy rozumieć następująco:

- nominalnie - nazwy rzeczy lub osób odwzorowujące rzeczywistość oraz nazwy ich stanów, cech i czynności (procesów) z nimi związanych;

- normatywnie - normatywy lub normy szacunkowe (przez analogię albo intuicyjnie), statystyczne lub analityczne dotyczące stanów, cech lub procesów związanych z rzeczami lub osobami;
- naukowo - w wyniku uświadomionych prawidłowości ruchu lub rozwoju rzeczywistości - rzeczy lub osób, jednostkowo lub zbiorowo.

Metoda stanowi uogólnienie kilkudziesięcioletniego doświadczenia organizatorskiego i posługuje się:
- zasadą zasobowo-celową,
- uściśloną kategorią funkcji i wynikającym z tego sformułowaniem kategorii układ, system i struktura,
- uporządkowanym (uściślonym) językiem potocznym, opisującym działalność przedsiębiorstwa obejmującą cały proces począwszy od sformułowania przedmiotu potrzeb do zakończenia jego stosowania, co umożliwia w ten sposób łatwe przejście na języki formalne w przetwarzaniu informacji źródłowej, statystycznej i naukowej,
- funkcyjnie modułowym kształtowaniem (budową) struktur organizacji, powiązań i zależności stanów materialnych i procesów pracy.

Metoda ta, umożliwiā rozpoznanie, opisanie, analizę i ocenę jakiegokolwiek stanu działalności w przedsiębiorstwie za pomocą usystematyzowanych kategorii (pojęć) i jednostek miary. Za pomocą tych samych kategorii może być kształtowany rozwój tej działalności. A więc za pomocą uporządkowanego języka, czyli informacji źródłowych, statystycznych i naukowych, obrazujących jakościowo (właściwości) i ilościowo (miara) grupy ruchu lub rozwój osób i przedmiotów materialnych (masy) oraz energii w różnych postaciach.

Każdą sytuację w przedsiębiorstwie rozpatruje się w usystematyzowanych kategoriach technicznych (fizycznych), ekonomicznych lub finansowych. Natomiast liczba użytych kategorii jakościowych i ilościowych oraz ich struktura funkcyjna zależy od stopnia złożoności danej sytuacji i potrzeb do jej rozpoznania oraz dalszego kształtowania. Wyraża się to w minimalnej lub maksymalnej liczbie grup ruchu (procesu przemiany energii i masy) opisanych lub ocenianych nominalnie, normatywnie lub naukowo w obiektywnych prawidłowościach. Podstawowe znaczenie ma w niej systemowo uporządkowany język, opisujący stan i procesy działalności przedsiębiorstwa.

Zasada zasobowo-celowa

Zasada "zasobowo-celowa" stanowi prawo rządzące działalnością przedsiębiorstwa. Wyraża się to tym, że istnieje ścisły związek i wzajemna zależność między celami przedsiębiorstwa, będącymi przedmiotem potrzeb a jego zasobami. Zasoby warunkują realizację celów. Zasoby w działalności przedsiębiorstwa to:
- surowce i produkty naturalne, istniejące niezależnie od działalności człowieka;
- surowce przetworzone oraz produkty wytworzone przez człowieka lub z jego udziałem w postaci przedmiotów procesów pracy lub materiałów technologicznych,
- produkty w postaci wyrobów, jako środków pracy lub środków konsumpcyjnych,
- energia,
- informacja,
- siły psycho-fizyczne, zdolności i umiejętności pracowników operacyjnych i kierowniczych.

Natomiast cele przedsiębiorstwa, to przedmioty stale rosnących potrzeb materialnych, nie tylko produkowane w postaci wyrobów lecz również w postaci części zamiennych do regeneracji oraz części do modernizacji wyrobów użytkowanych, jako środki trwałego użytkowania.

Funkcyjna formuła zasady "zasobowo-celowej"

$Y = F\ z(m,e,i)$

Y - cel przedsiębiorstwa,

Z - zasoby przedsiębiorstwa, jako przekształcone: m - masa, e - energia, i - informacja

Funkcyjna formuła zasady "zasobowo-celowej" w kategoriach fizycznych (technicznych)

Y(m,e,i) = F z(mn,mo,moz,en,eo,eoz,i,I Pr)

Y - cel

m - masa

e - energia

i - informacja o masie i energii informacja źródłowa

z - zasoby

Pr - proces ruchu lub rozwoju

en - energia nieorganiczna

eo - energia organiczna

eoz - energia ludzka

mn - masa nieorganiczna

mo - masa organiczna

moz - człowiek

I - informacja statystyczna lub naukowa uzyskana z przetworzenia informacji źródłowej (i)

Funkcyjna formuła "zasady zasobowo-celowej" w kategoriach ekonomicznych

P(m,e,i) = C(m,e,i) = F z(K,O,Pd,Mt,Pr,Sr,J,E)

P - potrzeba

C - cel

z - zasoby

m - masa

e - energia

Pd- przedmiot procesu

Mt- materiały technologiczne

Pr- proces ruchu lub rozwoju materialnego

i - informacja o masie i energii (informacja źródłowa)

I - informacja statystyczna lub naukowa uzyskana z przetworzenia informacji źródłowej (i)

K - kierownik - pracownik kierujący

O - operator - pracownik w operacyjnym procesie ruchu lub rozwoju materialnym

Sr- środki pracy

E - energia

Uściślenie kategorii funkcja i funkcyjność kategorii: układ, system i struktura oraz jej źródło w gramatyce języka potocznego wyjaśniono w poprzednich punktach opracowania

Porządkowanie języka opisującego działalność przedsiębiorstwa

Porządkować język opisujący działalność przedsiębiorstwa za pomocą metody MICRON można w ten sposób, że przyjmuje się słownik uporządkowanych systemowo nazw dotyczących osób, rzeczy i ich funkcji dynamicznych oraz statycznych, traktując je jako deskryptory. Natomiast nazwy praktycznie używane w dokumentacji źródłowej przedsiębiorstwa, ale różne od przyjętych w metodzie, traktowane są jako askryptory (synonimy deskryptorów). W ten sposób informacja źródłowa na poziomie operacyjnym może być wyrażona w askryptorach i deskryptorach, a informacja statystyczna i naukowa przetwarzana jest tylko w deskryptorach. Ułatwia to i przyspiesza stosowanie komputerowego wspomagania w przetwarzaniu informacji, gdyż nie zachodzi potrzeba przerabiania języka w dokumentacji źródłowej. Należy tylko opracować słownik tezaurusowy dla banku danych i korzystać z niego przy przetwarzaniu informacji źródłowej w dotychczasowej postaci.

W języku opisującym stany osób i przedmiotów materialnych, ich cechy oraz procesy pracy w przedsiębiorstwie, decydujące znaczenie ma porządek systemowy, którego model przedstawia rys. 3. Zbieżność wymiarów (miar) matematyki klasycznej, tensorowej i parametrów jakościowych (stanów i cech własności oraz właściwości) ułatwia stosowanie tych języków do rozpoznania, opisania, analizy i kształtowania wielowymiarowej działalności przedsiębiorstwa.

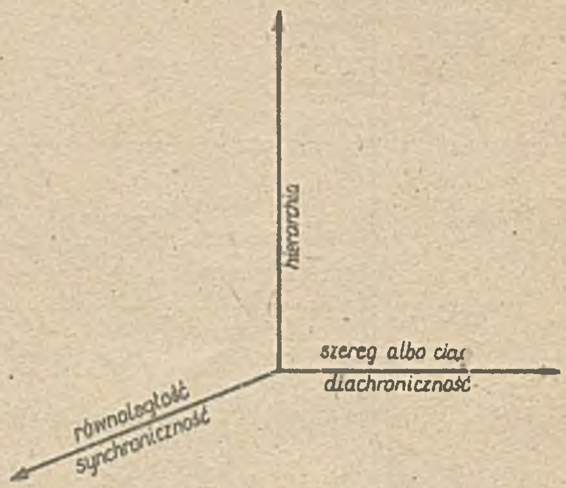
Elementy cybernetycznej charakterystyki stanowisk i miejsc pracy zilustrowane są na rys. 4. Całokształt procesów produkcyjnych i eksploatacyjnych we wzajemnym, systemowym powiązaniu przedstawia rys. 5 (struktura procesów decyzyjnych).

Cybernetyczny opis działalności przedsiębiorstwa ułatwia prezentacje graficzną, matematyczną i porządkuje opisowo. Umożliwia to również weryfikację logiczną za pomocą logiki dwu- i wielowartościowej, a więc stanowi narzędzie łączenia teorii z praktyką.

Funkcyjnie modułowe kształtowanie ruchu i rozwoju w działalności przedsiębiorstwa

Opis stanu funkcjonowania przedsiębiorstwa, jego analiza i kształtowanie rozwoju można dokony-

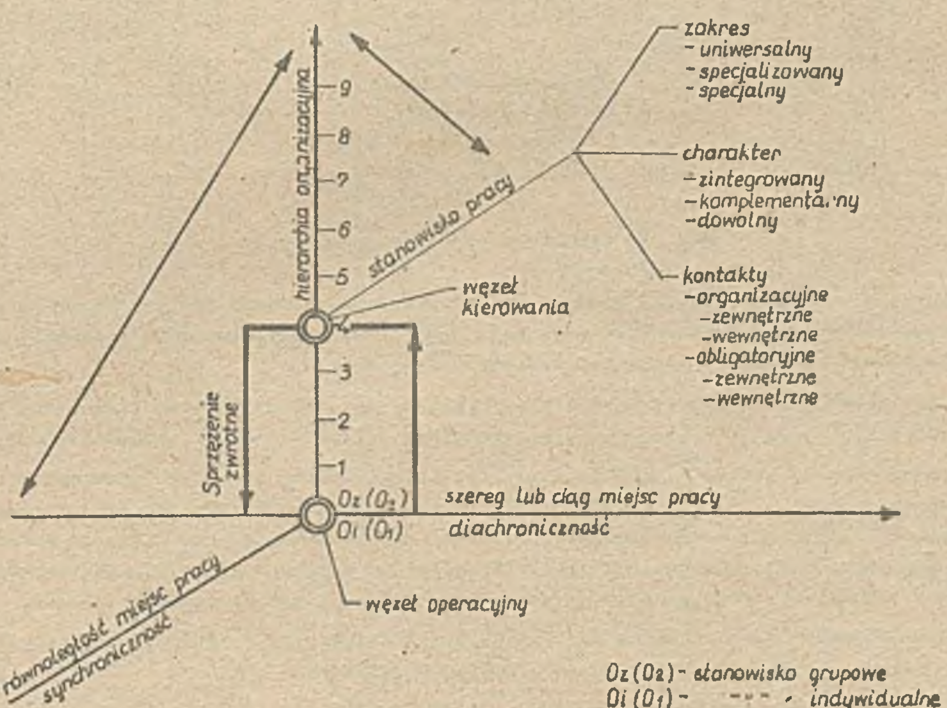
wać za pomocą "funkcyjnych" modułów. Model identyfikacji i klasyfikacji technicznej, ekonomicznej i finansowej procesów pracy przedstawiony na rys. 2 stanowi klasyczny model indywidualnego stanowiska i miejsc pracy lub ich zbioru systemowo uporządkowanego. Na przykładzie tego modelu widzimy, jakie informacje źródłowe są niezbędne do poznania procesu, analizy organizacji i prawidłowego kształtowania jego rozwoju oraz automatyzacji. Elementy tej struktury pozwalają analizować proces pracy historycznie, np. jak stopniowo człowiek wyzwalał się jako środek pracy, źródło energii oraz bank informacji i urządzenie do jej przetwarzania, stosując do tych celów produkty naturalne lub przez siebie wytworzone aż do automatyzacji procesu pracy włącznie.



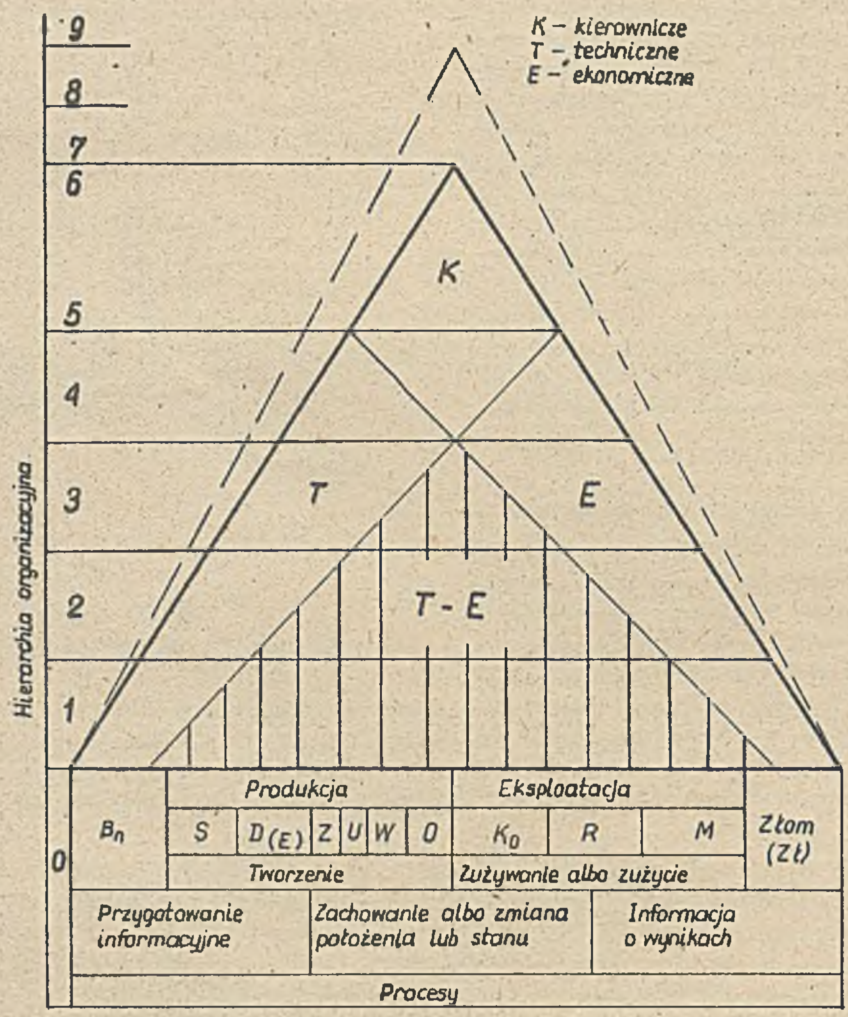
Rys. 3. Porządek systemowy

Model systemowo-modułowej organizacji przedsiębiorstwa przedstawia rys. 6.

Model ten obrazuje w językowej postaci powiązanie systemu zasobów, systemu procesów pracy z systemem organizacji. Bardzo istotną cechą tego modelu jest podział hierarchi organizacyjnej na procesy podstawowe, w których występują fizyczne przemiany energii, masy i informacji, gdzie powstaje jakość produktów i na procesy informacyjno-decyzyjne na szczeblach kierowania zespołami ludzkimi. Liczba szczebli kierowania (zarządzania) zależy od złożoności, czyli podziału pracy w podstawowych procesach niezbędnego do realizacji celów danych jednostek lub organizacji



Rys. 4. Elementy systemowej charakterystyki stanowisk i miejsc pracy



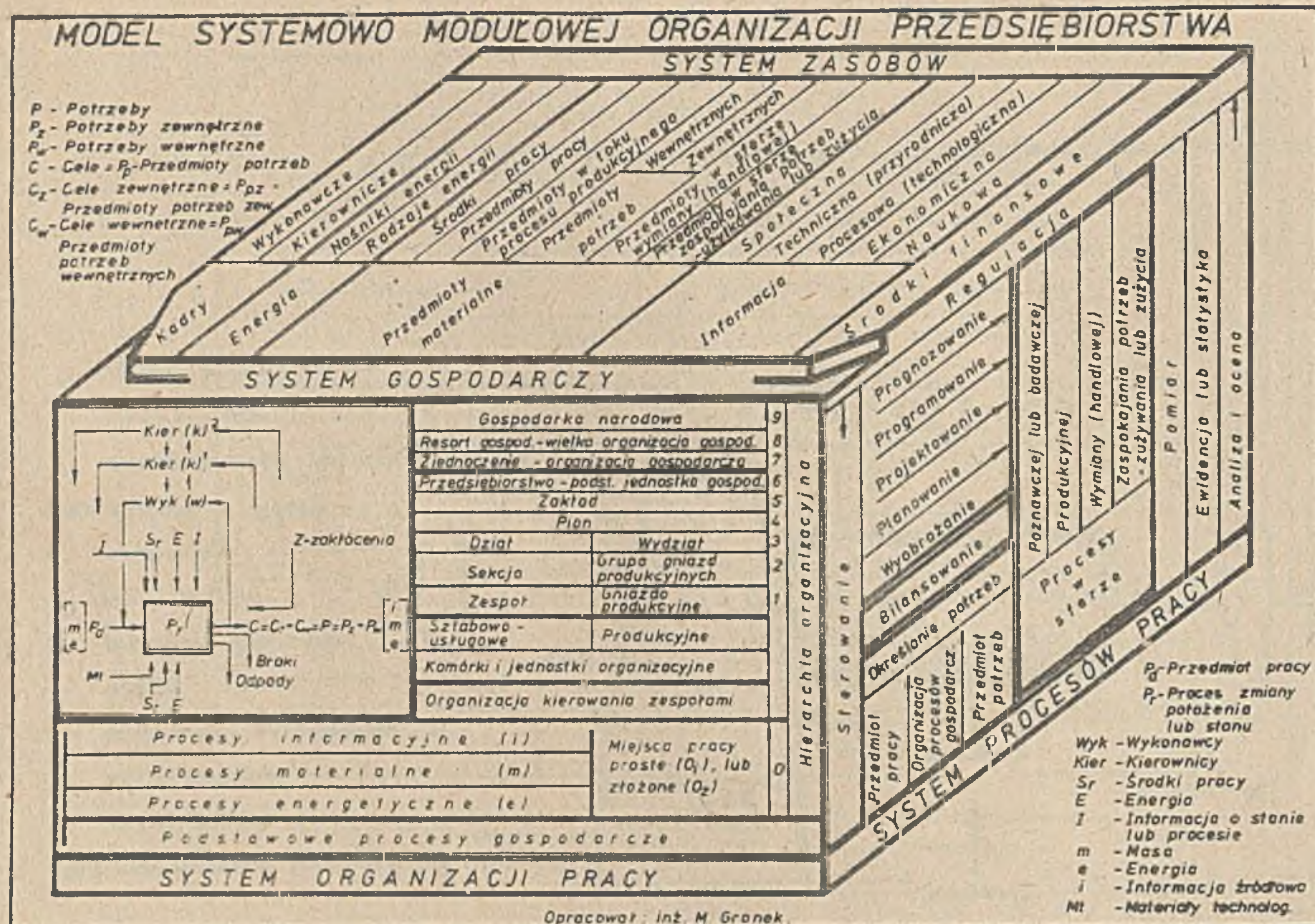
Rys. 5. Struktura procesów decyzyjnych

gospodarczych. Istotne znaczenie ma jednoznaczne wyróżnienie funkcji kierowniczych (zarządzania), gdyż one stanowią podstawę konstrukcji organizacji kierowania (zarządzania) zespołami ludzkimi. Sposób prezentowania struktury zarządzania ilustruje rys. 7.

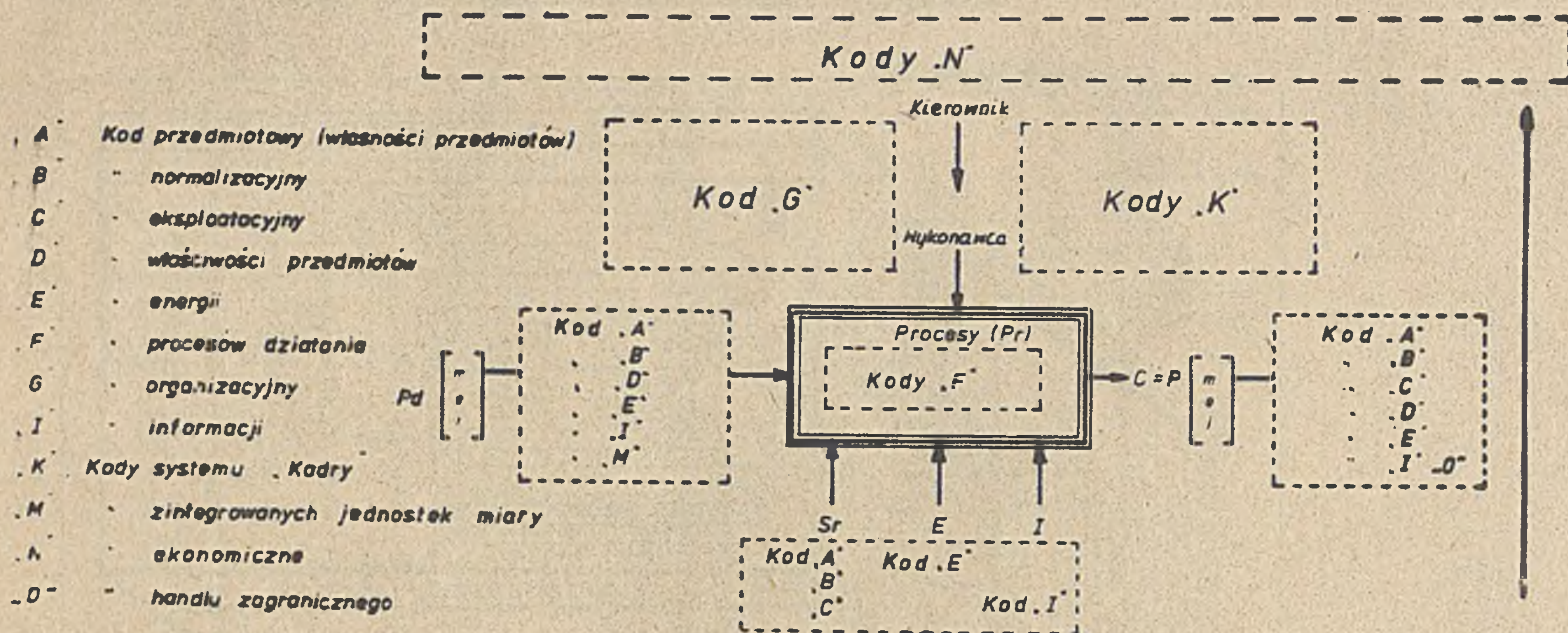
Model opisu kodowania (identyfikacji i klasyfikacji) działalności przedsiębiorstwa przedstawiono na rys. 8, w którym widać zastosowanie rozwiniętego języka do modelu przedstawionego na rys.2.

W efekcie stosowania metody MIGRON uzyskuje się hierarchiczną strukturę modułowych systemów informatycznych przedstawioną na rys. 9. Umożliwia ona tworzenie całościowo spójnych konfiguracji komputerowego wspomagania, wkomponowanego w mieszany system technik przetwarzania informacji: ręczny, mechaniczny, elektromechaniczny i elektroniczny o hierarchicznej strukturze. Warunek integracyjności zapewnia systemowo uporządkowany język opisowy, zasada zasobowo-celowa.

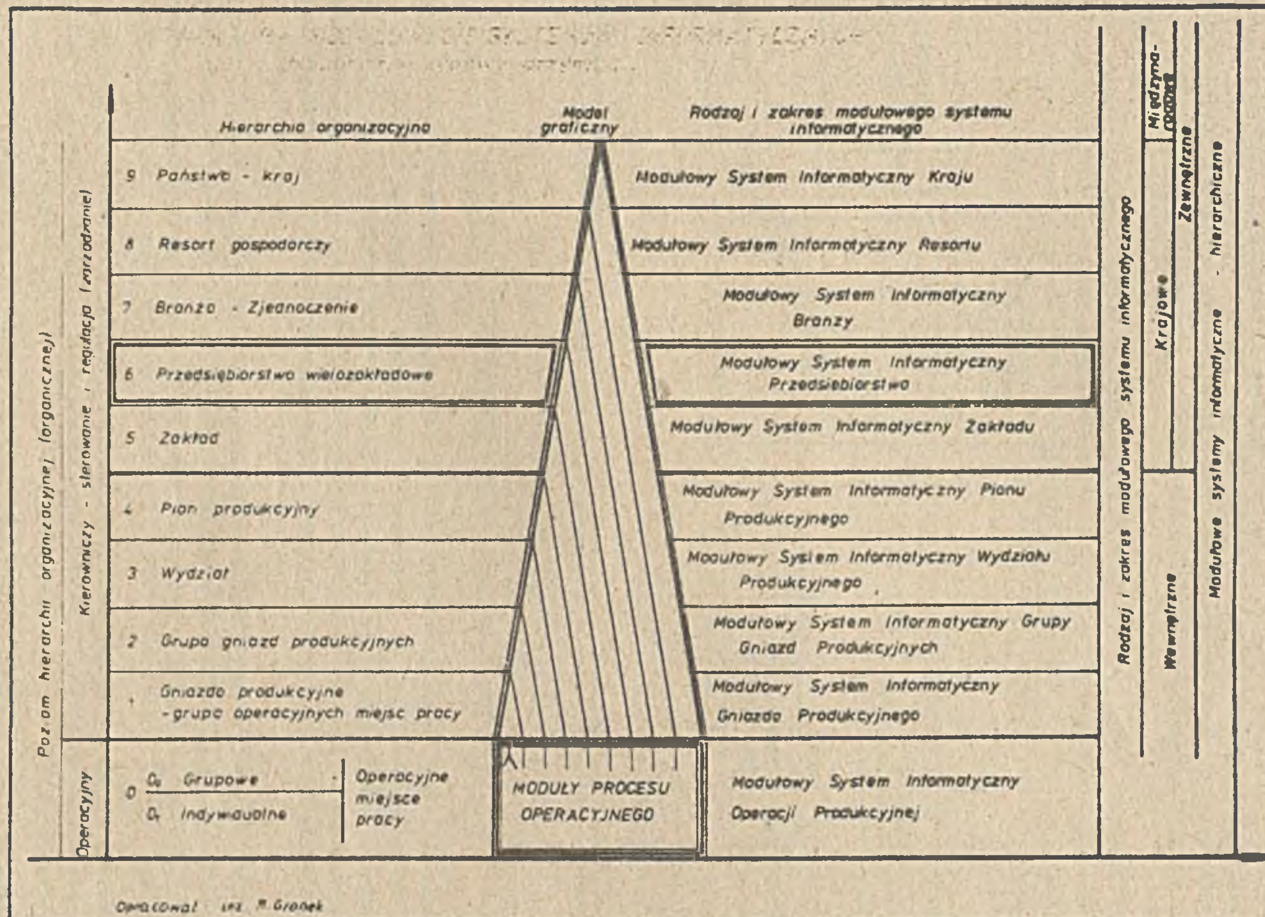
Ograniczona objętość prezentowanej informacji uniemożliwia przedstawienie rozwinięcia języka w przyjętej metodzie oraz przeanalizowanie przykładów rozwiązań.



Rys.6. Model systemowo modułowej organizacji przedsiębiorstwa



Rys.8. Model opisu i kodowania działalności przedsiębiorstwa

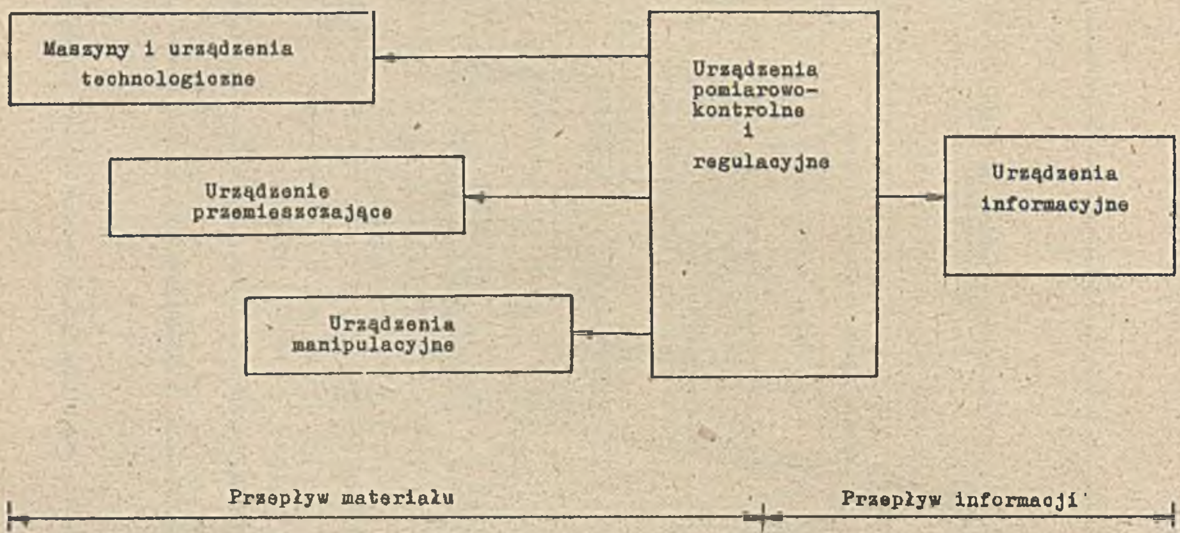


Rys.9. Struktura modułowych systemów informatycznych (najbardziej typowy przykład)

Inż. Sobiesław ZBIERSKI
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy
Podstaw Technologii
i Konstrukcji Maszyn TEKOMA - Warszawa

Automatyczne układy i systemy wytwórcze

W każdym procesie produkcyjnym możemy wyodrębnić dwie sfery działania, różniące się między sobą odrębnością wymaganych środków technicznych: sferę przepływu materiałów oraz sferę przepływu informacji (rys. 1). Dla automatyzacji działań związanych z przepływem materiału będą to maszyny



Rys. 1. Podstawowy podział środków technicznych automatyzacji

i urządzenia technologiczne uzupełnione urządzeniami do manipulacji operacyjnej oraz międzyoperacyjnej, zaś dla automatyzacji procesów związanych z przepływem informacji, będą to urządzenia informatyczne służące do sterowania i zarządzania. Powiązanie pracy tych dwu grup środków technicznych automatyzacji zapewnić powinny urządzenia pomiarowo-kontrolne i regulacyjne. Pełna współpraca wymienionych środków technicznych jest jednym z ważniejszych uwarunkowań rozwoju zastosowań automatyzacji.

Obecnie naczelnym zadaniem stojącym przed producentami środków technologicznych w kraju jest stopniowe doprowadzenie ich do stanu umożliwiającego włączenie w automatyczne systemy wytwórcze, a przez to uzyskiwanie automatyzacji procesów produkcyjnych. Cel ten można osiągnąć idąc równocześnie dwiema drogami:

- przez uruchomienie produkcji nowych lub modernizowanych konstrukcji maszyn i urządzeń wytwórczych oraz środków mechanizacji i automatyzacji opartych na zasadach modułowych, dostosowanych do potrzeb automatyzacji,
- przez modernizację istniejących środków technologicznych, przez uzupełnianie ich o elementy i układy automatyzujące funkcje podstawowe oraz pomocnicze (np. podawania, przemieszczania itp.) i tworzenie w ten sposób zautomatyzowanych układów produkcyjnych.

Przyjmujemy założenie, że budowa poszczególnych środków technicznych automatyzacji powinna być oparta na istniejących rozwiązaniach urządzeń produkowanych w kraju, dostosowanych do potrzeb

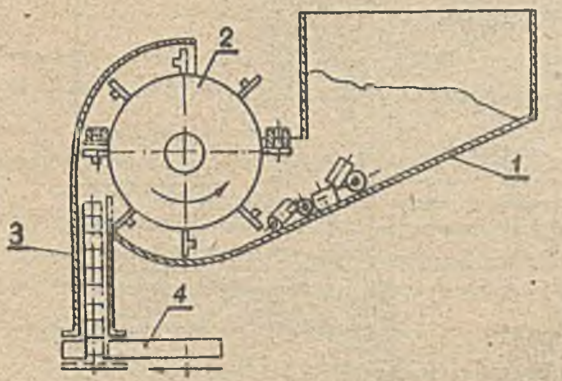
automatyzacji przez modernizację polegającą na uzupełnianiu w środki automatyzujące ich pracę.

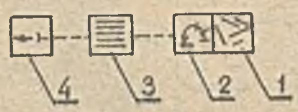
Dla zahamowania narastającej różnorodności rozwiązań przewiduje się daleko idącą unifikację oraz możliwość realizacji zasad agregacji. Systemem środków technicznych automatyzacji nazywać będziemy zbiór wszystkich urządzeń technicznych niezbędnych do realizacji kompleksowej automatyzacji budowy maszyn i aparatów wraz ze wszystkimi istniejącymi między nimi powiązaniami wynikającymi z wykonywanych przez nie funkcji w procesie produkcyjnym, oraz stopnia agregacji.

W koncepcji krajowego systemu środków technicznych automatyzacji przyjęto podział trzystopniowy, uzależniony od stopnia i kierunku agregacji:

- element układu automatycznego
- automatyczny układ wytwórczy
- automatyczny system wytwórczy.

Element układu automatycznego, będący najmniejszą jednostką systemu, jest to urządzenie charakteryzujące się zdolnością do automatycznego wykonania jednej funkcji scalonej (przez funkcję scaloną rozumieć będziemy zbiór logicznie powiązanych funkcji elementarnych - rys. 2) oraz możliwością agregacji z automatycznym układem wytwórczym lub automatycznym systemem wytwórczym.





Funkcje elementarne realizowane przez podajnik:
1 - składowanie nieuporządkowane
2 - porządkowanie
3 - magazynowanie
4 - dozowanie

Element układu (podajnik) realizujący funkcję scaloną PODAWANIE

Rys. 2. Przykład określania funkcji scalonej podajnika

Przyjęto podział elementów układu automatycznego wg następujących funkcji:

- podawanie - kierunkowanie i dozowanie, chwytanie i umieszczanie części w obrębie układu wytwórczego,
- sprawdzanie i regulacja - kontrola procesu oraz zapewnienie jakości procesu,
- sterowanie - zapewnienie harmonizacji działań w procesie,
- przepływ międzystanowiskowy - zapewnienie przepływu surowców, półfabrykatów, części i wyrobów między stanowiskami (stacjami roboczymi).

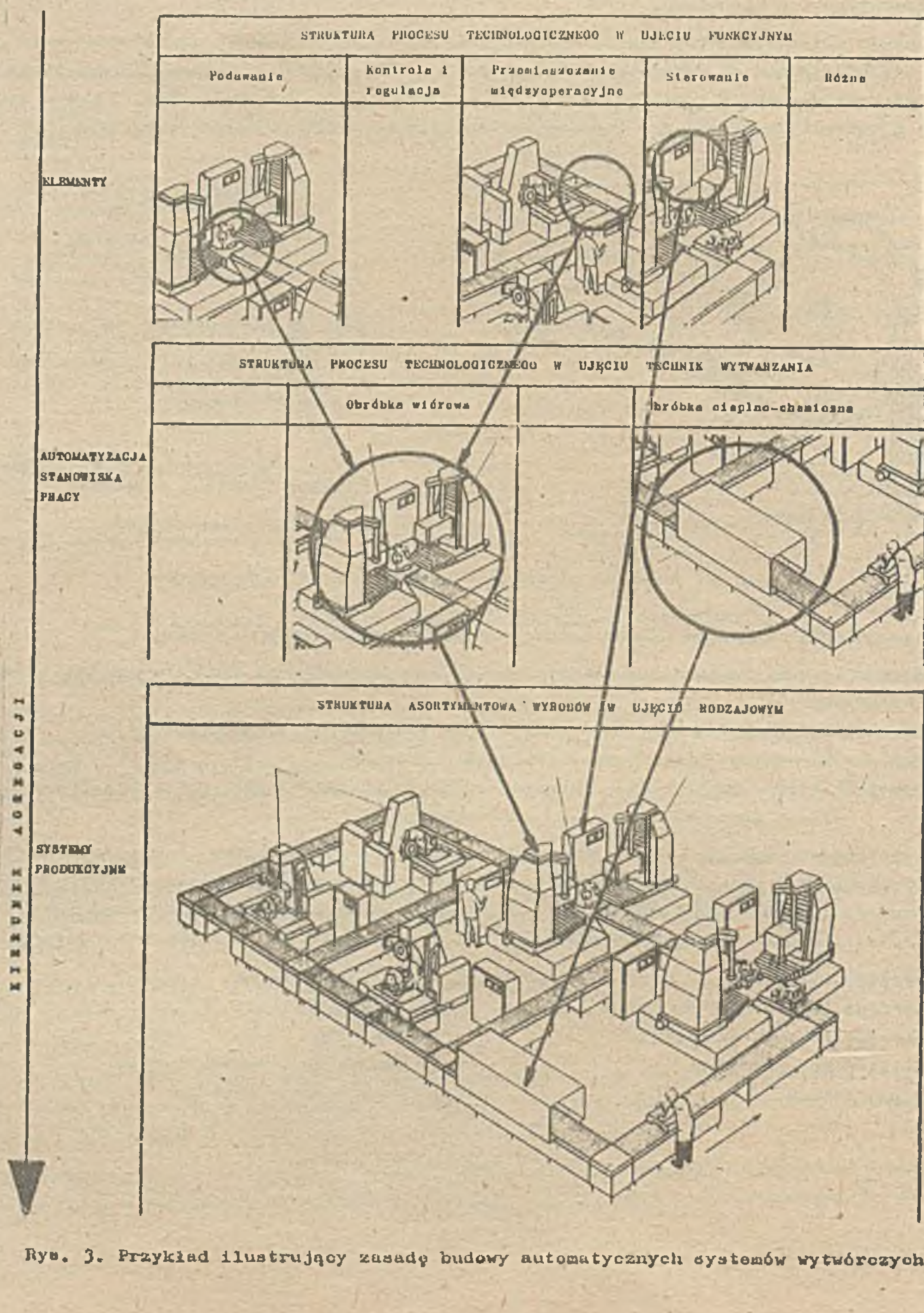
Automatyczny układ wytwórczy jest to urządzenie zdolne do automatycznej realizacji operacji procesu technologicznego z wyłączeniem przemieszczania międzystanowiskowego manipulacji międzyoperacyjnej oraz dysponujące możliwością agregacji dla tworzenia automatycznych systemów wytwórczych. Przyjęto tutaj podział wg technik wytwarzania ogólnego stosowania i technik związanych :

- odlewnictwo
- obróbka plastyczna
- przetwórstwo tworzyw sztucznych
- obróbka cieplno-chemiczna
- nakładanie powłok
- łączenie
- obróbka wiórowa
- obróbka ścierna
- kontrola
- składanie i magazynowanie
- przetwórstwo odpadów.

<u>Automatyczny system wytwórczy</u> jest to zbiór automatycznych układów wytwórczych, powiązanych ze sobą elementami układów automatycznego przemieszczania międzyoperacyjnego i sterowania, zdolny do automatycznej realizacji procesu produkcyjnego wyrobu, przy czym mogą to być:

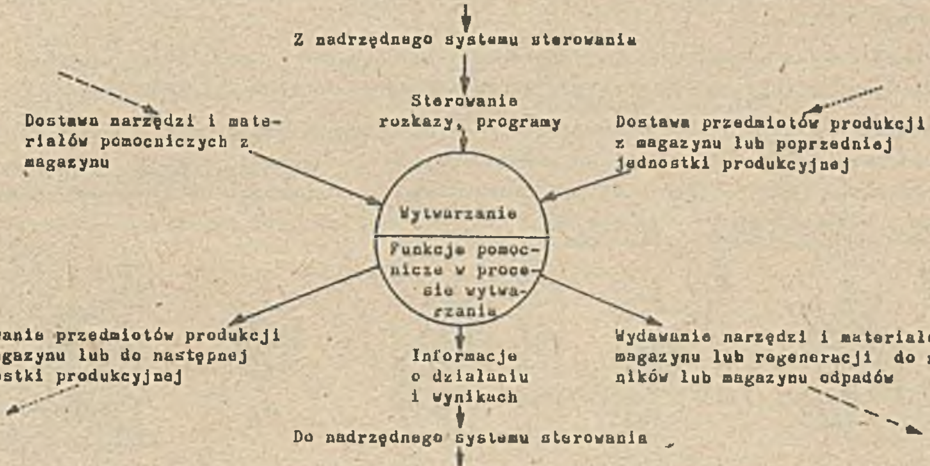
- wyroby proste jednoczęściowe typu wałek, tuleja, tarcza, dźwignia, korpus itd. albo
- wyroby złożone (wieloczęściowe typu samochód, telewizor itp.).

Automatyczny system wytwórczy mając zdolność samodzielnego działania jest docelowym efektem wykorzystywania zasady agregacji elementów i układów w systemie środków technicznych automatyzacji (rys. 3). W praktyce budowy systemu jako wyjściowy przyjęto poziom automatycznych układów wytwórczych, ponieważ są one odpowiednikami elementarnych jednostek struktury produkcyjnej zakładu przemysłowego tzn. stanowiska roboczego. W wyniku badań struktury różnorodnych procesów produk-



Rys. 3. Przykład ilustrujący zasadę budowy automatycznych systemów wytwórczych

cyjnych stosowanych w przemyśle budowy maszyn i aparatów stwierdzono, że są one podobne, co pozwala na przedstawienie automatycznego układu wytwórczego w sposób uogólniony (rys. 4). Spośród



Rys. 4. Graficzne przedstawienie elementu systemów automatyzacji

maszyn i urządzeń technologicznych, te będą mogły być wykorzystane do tworzenia systemów zautomatyzowanych, które dysponują lub mogą dysponować:

a) automatycznym cyklem,
b) urządzeniami przemieszczającymi podająco-dozującymi i wydającymi oraz manipulacyjnymi dla przedmiotu obrabianego,
c) urządzeniami manipulacyjnymi wymiany narzędzi i dostaw środków pomocniczych,
d) aktywnym układem pomiarowo-kontrolnym i regulacyjnym,
e) podstawowym układem sterowania z możliwością wejścia/wyjścia do nadrzędnego układu sterowania.

Ad.a) Automatyczny cykl pracy możemy uzyskać przez wykorzystanie:

- mechanizmów powtarzających lub realizujących ustalony zestaw ruchów roboczych w sposób ciągły (np. prasy, szlifowanie bezkłowe)
- mechanizmów krzywkowych, gdzie program pracy jest określony przez zmienny promień krzywki (np. automaty tokarskie, walcarki)
- mechanizmów kopiałowych, gdzie program pracy jest określony przez kształt szablonu (np. kopiały tokarskie)
- układy sterowania zderzakowego, gdzie program jest określony przez rozmieszczenie zderzaków na listwach (np. rewolwerówki, frezarki)
- układem sterowania numerycznego, gdzie program zapisany jest na taśmie lub w pamięci (np. OSN, CNC, DNC.

Ten szeroki zestaw możliwości jest w dużym stopniu wykorzystywany w ogólnodostępnym parku maszynowym, lub może być dobudowany.

Ad.b) Urządzenia przemieszczające, podająco-dozujące i wydające oraz manipulacyjne dla przedmiotu obrabianego to różnorodny asortyment podajników, transporterów, manipulatorów, robotów przemysłowych, podnośników, obrotników, palet, chwytaków itp. Różnorodność asortymentu wynika z konieczności dostosowania tych urządzeń zarówno do przedmiotu obrabianego jak i do urządzenia technologicznego. Stąd rozwiązania specjalne - mało rozpowszechnione. Czynione są próby unifikacji tych urządzeń, jednak istotnych rezultatów spodziewać się należy raczej po unifikacji zespołów tych urządzeń.

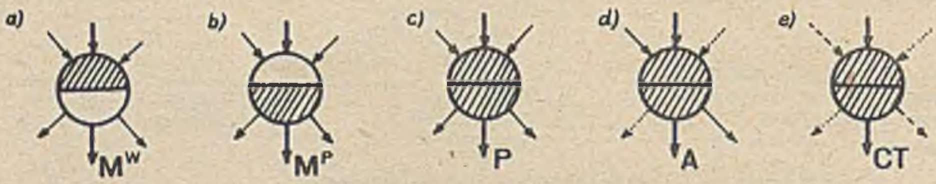
Ad.c) Urządzenia manipulacyjne wymiany narzędzi i dostawy środków pomocniczych są najmniej rozwiniętą grupą urządzeń. Najprostszym przykładem takiego urządzenia jest głowica rewolwerowa w tokarce rewolwerowej, następnie rozwinięta w postaci magazynów narzędziowych w centrach obróbczych.

Ad.d) W grupie urządzeń pomiarowo-kontrolnych i regulacyjnych koncentrowano się dotychczas głów-

nie na rozwiązaniach nie związanych bezpośrednio z urządzeniem wytwórczym. Przykładami rozwiązań są układy zawarte w krajowym systemie POLMATIC, którego gospodarzem jest MERA-PIAP oraz układy aktywnego pomiaru na szlifierkach sterujące posuwem lub profilowaniem tarczy produkcji KPN itp.

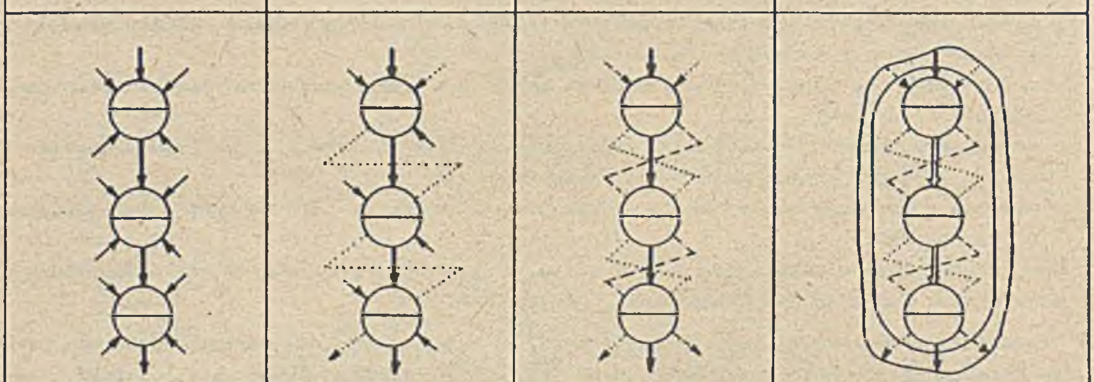
Ad.e) Podstawowy układ sterowania synchronizuje pracę organów wykonawczych, urządzeń przemieszczających i manipulacyjnych oraz wiąże urządzenie z nadrzędnym systemem sterowania.

Przedstawiona ogólna charakterystyka budowy automatycznego układu wytwórczego wskazuje na możliwość stopniowego dochodzenia do stanu kompleksowej automatyzacji (rys. 5). Agregując automatyczne układy wytwórcze (AUW) o różnym stopniu automatyzacji otrzymywać będziemy automatyczne systemy wytwórcze o różnym stopniu zautomatyzowania (rys. 6). Tak więc "system technologiczny" będzie



Rys.5. Podział elementów systemów automatyzacji wg stopnia automatyzacji; a) - urządzenie z częściowo lub całkowicie zautomatyzowanym cyklem wytwarzania, b) - urządzenie z częściowo lub całkowicie zautomatyzowanymi funkcjami pomocniczymi, c) - urządzenie ze zautomatyzowanym cyklem wytwarzania i zautomatyzowanymi funkcjami pomocniczymi (półautomat, OSN), d)- urządzenie "P" ze zautomatyzowaną manipulacją przedmiotem produkcji (automat), e) - urządzenie "A" ze zautomatyzowaną manipulacją (wymianą) narzędzi (centrum technologiczne)

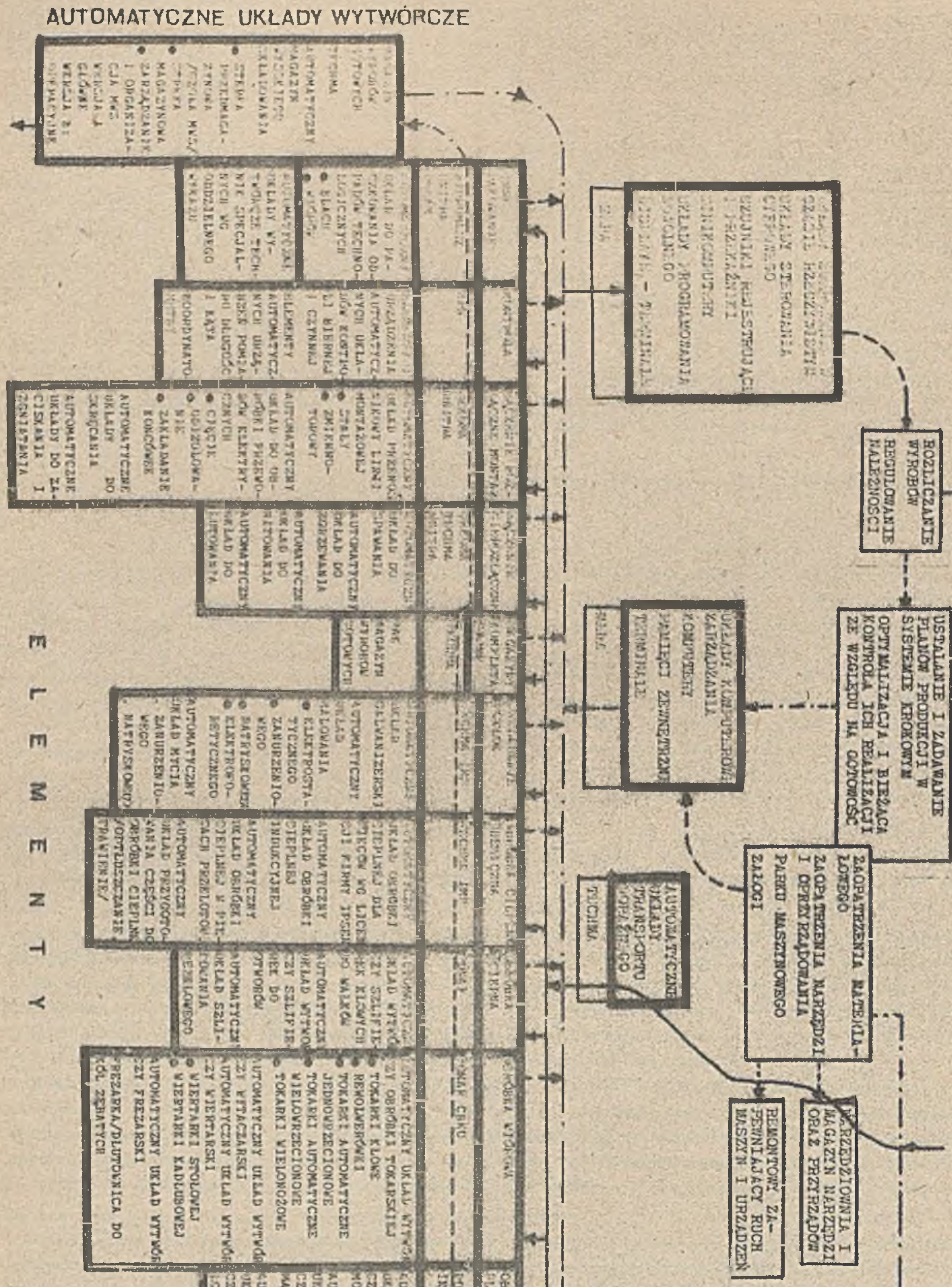
Rodzaj powiązania			
Sterowanie kilku elementami	Przepływ przedmiotów produkcji	Wspólna gospodarka narzędziami i materiałem pomocniczym	Zintegrowana produkcja, przygotowanie produkcji oraz zarządzanie
Nazwa, symbol			
System technologiczny, ST	Centrum produkcyjne, CP	System produkcyjny SP	Kompleks przemysłowy KP



Rys. 6. Podstawowe rodzaje automatycznych systemów wytwórczych

zbiorem automatycznych układów wytwórczych wg wersji a, b lub c (rys. 5) powiązanych wspólnym układem sterowania.

Automatyzacja przepływu przedmiotów produkcji między poszczególnymi AUW przekształca "system technologiczny" w "centrum produkcyjne", w którym z kolei wprowadzenie zautomatyzowanej wymiany narzędzi oraz wspólnych zasad gospodarowania nimi czyni z niego "system produkcyjny" (czyli automatycznie działający oddział lub wydział produkcyjny). Jeżeli do systemu produkcyjnego wprowadzona zostanie automatyzacja zarządzania jego pracą, a więc ustalenie zadań oraz zapewnienie środków



AUTOMATYCZNY SYSTEM WYTWÓRCZY, PRZEPŁYW MATERIAŁOWY I INFORMATYCZNY W PROCESIE PRODUKCYJNYM

koniecznych do ich realizacji otrzymamy "kompleks przemysłowy" czyli automatycznie działający zakład produkcyjny. Obrazuje to na rys. 6 otoczka symbolizująca otoczenie systemu produkcyjnego.

Przedstawiono tu podstawowe cztery odmiany automatycznych systemów wytwórczych, jednak w zależności od sposobu wzajemnych powiązań i stopni automatyzacji, odmian może być wiele.

Programując realizację przedsięwzięć związanych z rozwojem zastosowań automatyzacji musimy mieć na uwadze przynajmniej dwie kardynalne zasady ustalania i określania zadań, a mianowicie:

- końcowym celem każdego przedsięwzięcia musi być "produkcja",
- każde przedsięwzięcie musi być elementem wytwarzania określonego wyrobu lub wyrobów.

Wynika z tego, że zawsze powinniśmy rozpatrywać możliwość utworzenia automatycznego systemu wytwórczego typu "kompleks przemysłowy" wg rys. 6, ustępując z całości lub części przedsięwzięcia na podstawie oceny celowości technicznej lub ekonomicznej.

Wychodząc naprzeciw potrzebom uwzględniającym te zasady, opracowano model typowego automatycznego systemu wytwórczego odpowiadającego swym zakresem typowemu zakładowi produkcyjnemu budowy maszyn i aparatów. System ten utworzony jest przez zbiór AUW najczęściej występujących, niezbędnych do realizacji podstawowych procesów produkcyjnych. Tak pomyślany automatyczny system wytwórczy przedstawiony jest na rys. 7 w formie obrazującej przepływ materiału i przepływ informacji. Na liniach przepływu zaznaczono automatyczne układy wytwórcze potrzebne do zrealizowania tego przepływu. Powstał w ten sposób program działania, którego celem jest stworzenie kompletu środków technicznych umożliwiających wdrażanie automatyzacji. Ustalono jednostki organizacyjne oraz osoby prowadzące poszczególne sfery działań, określono program i terminy. W zakresie elementów automatyki, pomiarów i kontroli całością pracy kieruje Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów w Warszawie, a w zakresie pozostałym Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Podstaw Technologii i Konstrukcji Maszyn w Warszawie.

Zadanie nie jest łatwe, obejmuje utworzenie ogółem 51 automatycznych układów wytwórczych, których rozwiązania konstrukcyjne i produkcja jest opanowana w różnym stopniu, a w niektórych wypadkach prace trzeba zaczynać od podstaw.

mgr inż. Łukasz SZYMAŃSKI
Zakłady Systemów Automatyki Przemysłowej
Poznań

System automatyzacji ciągów transportu technologicznego

Wprowadzenie

System USTT* automatyzacji ciągów transportu technologicznego opracowano w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Systemów Automatyki w Poznaniu, w ramach problemu węzłowego "Rozwój komputerowych systemów automatyki i pomiarów".

Skąd zrodziła się potrzeba rozwiązania tego tematu? Otóż wykorzystując zdobycze dziejącej się na naszych oczach rewolucji naukowo-technicznej, kraje o niższym stopniu zaawansowania gospodarczego muszą szukać optymalnych metod wyrównywania poziomu nauki i techniki w stosunku do przodujących krajów świata.

W ekonomii politycznej wymienia się kilka zasadniczych metod wyrównywania poziomu nauki i techniki za pomocą czynników zewnętrznych, wśród nich znajduje się również tzw. metoda polska, tj. metoda kompleksowego podnoszenia poziomu technicznego danej branży. Polega ona na zakupie zespołu licencji na produkcję wyrobów, podnoszących poziom techniczny całej branży. Licencja obejmuje również technologię. Metodę tę zastosowano w przemyśle polskim w latach 1958 - 1968, m.in. przy zakupie licencji polskiego fiata. Przed przystąpieniem do zakupu obcych rozwiązań zostanie poddany analizie poziom techniczny własnej produkcji, a więc poziom wyrobu finalnego, zarówno z punktu widzenia walorów konstrukcji, jak i technologii wytwarzania. Zakup powinien być dokonany - w miarę możliwości - u jednego kontrahenta, co sprzyja zachowaniu jednolitości technicznej. Z licencją polskiego fiata wiążą się m.in. dwie inne zakupione również z Włoch od firmy FATA: na ciągi podwieszonego transportu technologicznego wewnątrzzakładowego oraz na magazyny wysokiego składowania.

Opanowanie licencji na ciągi podwieszonego transportu technologicznego jest już zakończone. Jednak stopień zaspokojenia krajowych potrzeb na te urządzenia jest bardzo niewielki - przede wszystkim ze względu na znaczny udział importu. W sferze sterowania importowane są całe układy automatyki, a więc czujniki, elementy wykonawcze oraz szafy i pulpity sterownicze, realizowane we Włoszech lub Francji na polskiej dokumentacji. Są to układy oparte niemal wyłącznie na importowanych elementach przekaźnikowych. W kraju prowadzone są obecnie prace naukowo-doświadczalne zmierzające do wdrożenia polskich podzespołów konstrukcji technologicznej przenośników oraz własnego systemu automatyzacji. W dziedzinie automatycznego sterowania doprowadzono do opracowania i wdrożenia krajowego, całkowicie antyimportowego elektronicznego systemu, tworzącego pierwszy poziom sterowania konwencjonalnego, przystosowany do współpracy docelowo z drugim nadrzędnym poziomem sterowania komputerowego.

Ogólna charakterystyka transportu technologicznego

Optymalne rozwiązanie procesu technologicznego wymaga zastosowania licznych urządzeń transportowych i manipulacyjnych, czyli całego systemu transportowego. Do budowy członów lub całych systemów transportowych potrzebne są:

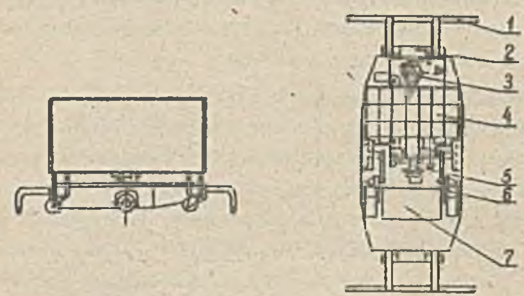
- urządzenia przenoszące,
- urządzenia chwytające - do załadunku i wyładunku,
- urządzenia zasobnikowe - do gromadzenia przedmiotów,
- urządzenia do oddzielania i podawania przedmiotów.

---

* USTT - układ sterowania transportem technologicznym

Największą i najważniejszą grupę w systemie transportu technologicznego stanowią urządzenia przenoszące. Rozróżnia się tu:

- przenośniki grawitacyjne, w których istnieje pewna różnica wysokości między punktem wyjściowym a docelowym,
- przenośniki zaczepowe łańcuchowe, w których przedmioty są przesuwane za pomocą zabieraków związanych z łańcuchami,
- przenośniki wałkowe i krążkowe, stosowane do transportu przedmiotów o powierzchni płaskiej i nieodkształcającej się mechanicznie; umożliwiają budowanie dowolnej trasy z uwzględnieniem rozjazdów i zjazdów,
- przenośniki bezcięgowe wstrząsowe, stosowane głównie do transportu elementów gorących,
- przenośniki indukcyjne, w których wózek samojezdny porusza się po trasie, wzdłuż której poprowadzony jest przewód indukcyjny sterujący jego ruchem (rys. 1).
- przenośniki podwieszone, w których napęd na zawieszkę przenoszącą pojemniki lub większe przedmioty przekazywany jest za pośrednictwem łańcucha pociągowego.

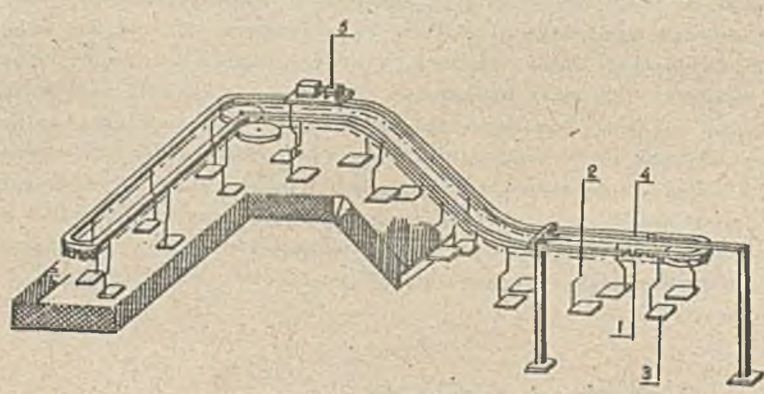


Rys. 1. Przenośnik indukcyjny. 1 - czujnik hamowania awaryjnego, 2 - czujniki ruchu, 3 - układ kierowniczy, 4 - akumulatory, 5 - sprzęgło, 6 - silnik napędowy, 7 - układ sterowania

Obecnie obserwuje się znaczny rozwój systemów transportowych wykorzystujących przenośniki podwieszone. Wykazują one dużo możliwości w zakresie automatyzacji, tzn.:

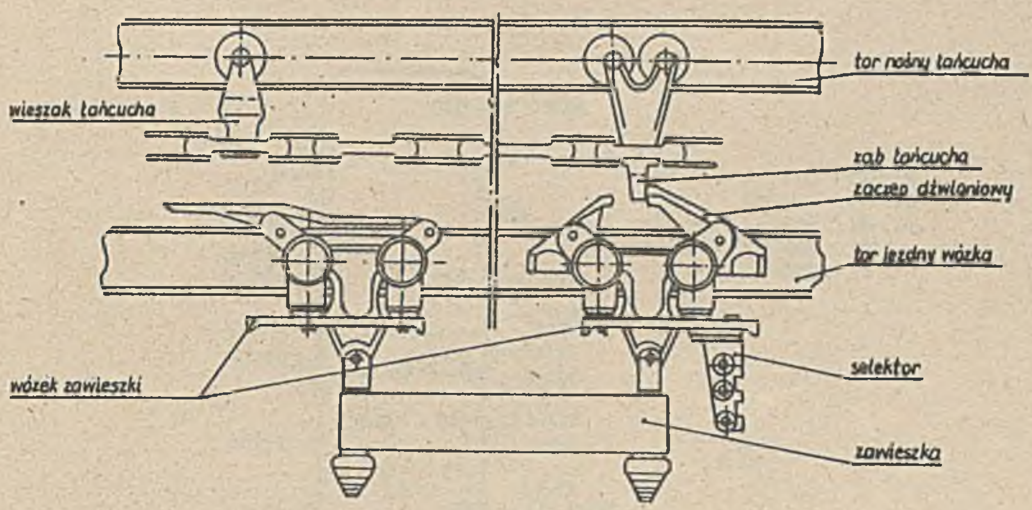
- samoczynnego załadunku i wyładunku,
- uruchamiania rozjazdów za pomocą wskaźników celu,
- regulacji biegu zsynchronizowanego między przenośnikami podwieszonymi a maszynami obróbczymi.

Przenośniki podwieszane mogą być jednotorowe lub dwutorowe. Szkic przenośnika jednotorowego pokazany jest na rys. 2.



Rys. 2. Szkic przenośnika jednotorowego
1 - łańcuch, 2 - wózek, 3 - zawieszka, 4 - szyna nośna, 5 - silnik napędu

W przenośniku jednotorowym wózki wraz z zawieszkami, służącymi do zamocowania ładunków przytwierdzane są bezpośrednio do łańcucha pociągowego. Nośniki ładunku mają zatem stałą odległość między sobą i nie mogą być zatrzymane indywidualnie. W przenośnikach dwutorowych wózki z zawieszkami poruszają się po oddzielnym dolnym torze, a napędzane są za pomocą zabieraków łańcucha napędowego przesuwającego się po torze górnym. Fragment przenośnika dwutorowego pokazuje rys. 3.



Rys. 3. Przenośnik dwutorowy

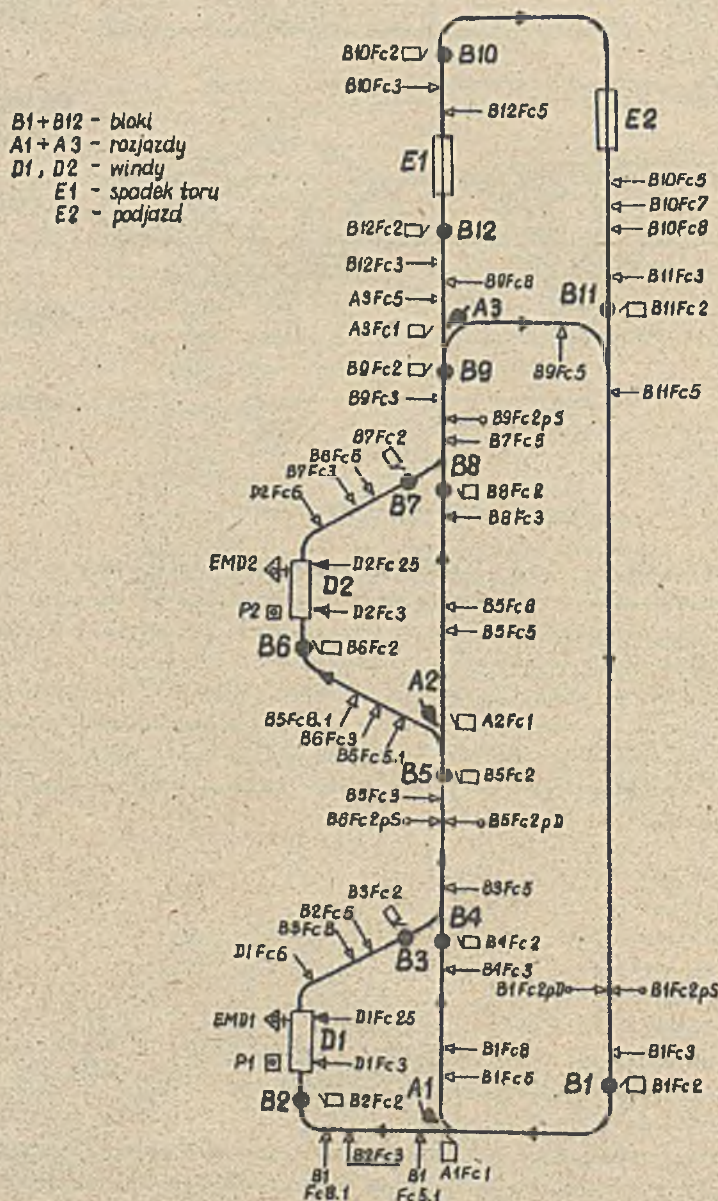
Ponieważ wózki nie są powiązane na stałe z łańcuchem napędowym, przez który są przesuwane, możliwe jest ich wyzębianie i indywidualne zatrzymywanie oraz przechodzenie po rozgałęzieniach prowadnicy dolnej z jednego łańcucha na inny. Umożliwia to przemieszczanie ładunków z jednego toru na inny lub na kilka innych. Adresowanie zawieszek na odpowiednie tory dokonuje się ręcznie przez właściwe ustawienie palca selektora, znajdującego się na wózku zawieszki. Przykład toru przenośnika podwieszonego dwutorowego, zainstalowanego na Wydziale Obróbki Mechanicznej Poznańskiej Fabryce Maszyn Żniwnych pokazano na szkicu 4. Tor ten, biegnący wzdłuż całej hali, przeznaczony jest do transportowania detali z obróbki mechanicznej do hurtowni za pomocą 12 zawieszek. Obejmuje on następujące węzły technologiczne:

- rozjazd A1 z blokadą na bloku B1,
- windę D1 z blokadą na bloku B2,
- zjazd z dwóch torów z blokami B3 i B4,
- rozjazd A2 z blokadą na bloku B5,
- windę D2 z blokadą na bloku B6,
- zjazd z dwóch torów z blokami B7 i B8,
- rozjazd A3 z blokadą na bloku B9,
- zjazd z dwóch torów z blokiem B11 i sprzężonym rozjazdem A3,
- spadek toru z blokiem B12.

Rozmieszczono wzdłuż toru 82 wyłączniki krańcowe stanowią źródło sygnałów wejściowych dla układu logicznego sterującego otwieraniem i zamykaniem bloków, sterowaniem rozjazdów, bezkolizyjnym prowadzeniem zawieszek po zjazdach z kilku torów oraz ruchem wind.

Elementy i układy automatycznego sterowania ciągami transportu technologicznego

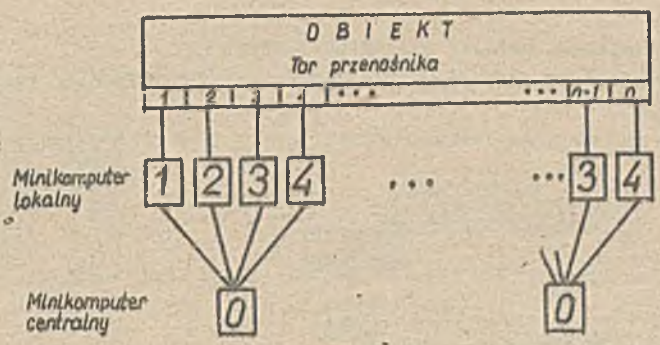
Generalnym dostawcą licencyjnych ciągów transportu technologicznego w Polsce jest Przedsiębiorstwo Projektowania i Dostaw Transportu Technologicznego i Składowania "TECHMATRANS". W biurach projektowych tego przedsiębiorstwa realizuje się, między innymi projekty techniczne układów automatycznego sterowania ciągami. Do ubiegłego roku wszystkie układy oparte były na importowanych elementach stykowych. Podobne rozwiązania są również oferowane przez licencjodawcę, tj. przez firmę FATA. Jednak średni udział układów przekaźnikowych w dostawach jest niewielki. Największy udział mają układy oparte na elektronicznych systemach logicznych, a konkretnie na systemach SIMATIC N, SIMATIC CN oraz SIMATIC C1. Dla większych ciągów przenośników podwieszonych stosuje



Rys. 4. Szkic toru i rozmieszczenie czujników krańcowych przenośnika podwieszonego w PFMŻ Poznań

się sterowanie komputerowe oparte na specjalistycznym minikomputerze (sterowniku) FD-701M. Minikomputer FD-701M przystosowany jest do współpracy z innymi tego typu maszynami w połączeniu równoległym i szeregowym. Typowa organizacja sterowania przenośnikiem z zastosowaniem minikomputera FD-701M przedstawiona jest na rys. 5.

Cały obiekt sterowany jest podzielony na podgrupy. Podgrupa obejmuje np. kilka rozjazdów z najbliższą lub najbliższymi windami, zjazdami oraz magazynem zawieszek na torze przenośnika. Każda podgrupa sterowana jest jednym minikomputerem lokalnym. Numer podgrupy jest zadany przełącznikiem i zapamiętany w komputerze. Na określoną liczbę minikomputerów (od 3 do 5) przypada taki sam minikomputer centralny, spełniający funkcje centralnej rejestracji danych oraz funkcje rezerwy. Prze-



Rys. 5. Organizacja sterowania z minikomputerem FD-701M

łącznik określający numer podgrupy ma ustawiony numer pozycji zerowej. W razie awarii dowolnego komputera lokalnego, jego funkcje przejmuje komputer centralny, którego przełącznik ustawia się wówczas w pozycji odpowiadającej numerowi podgrupy sterowanej dotychczas komputerem lokalnym, który uległ awarii. Natomiast na minikomputerze niesprawnym ustawia się przełącznik numeru podgrupy w pozycji zerowej. Po usunięciu usterki przełączniki przestawia się do pozycji wyjściowej.

Program zapisywany jest z taśmy perforowanej. Można również zadawać program za pomocą klawiatury, jak również wywoływać poszczególne stany lub wprowadzać drobne zmiany i uzupełnienia do programu, co jest dość istotne, gdy np. inwestor wprowadzi poprawki i zmiany technologiczne w torze przenośnika. Przy większych zmianach w torze należy wykonać nowy program i ponownie zapisać go za pomocą taśmy perforowanej. Podobne koncepcje organizacji sterowania ciągami transportu technologicznego są rozwijane w kraju. Schemat systemu sterowania dla większego ciągu pokazuje rys. 6.

Generalnie zakłada się, że mniejsze obiekty będą sterowane jedynie za pomocą systemów sztywnoprogramowych, obejmujących pierwszy poziom sterowania. Takie podejście jest uzasadnione, bowiem ciągi transportowe są w przeważającej większości obiektami, w których przebieg zjawiska ma charakter binarny. Dla takich obiektów optymalnym sterowaniem jest logika sztywnoprogramowa. Natomiast obiekty większe i bardzo duże będą mieć dwa poziomy sterowania:

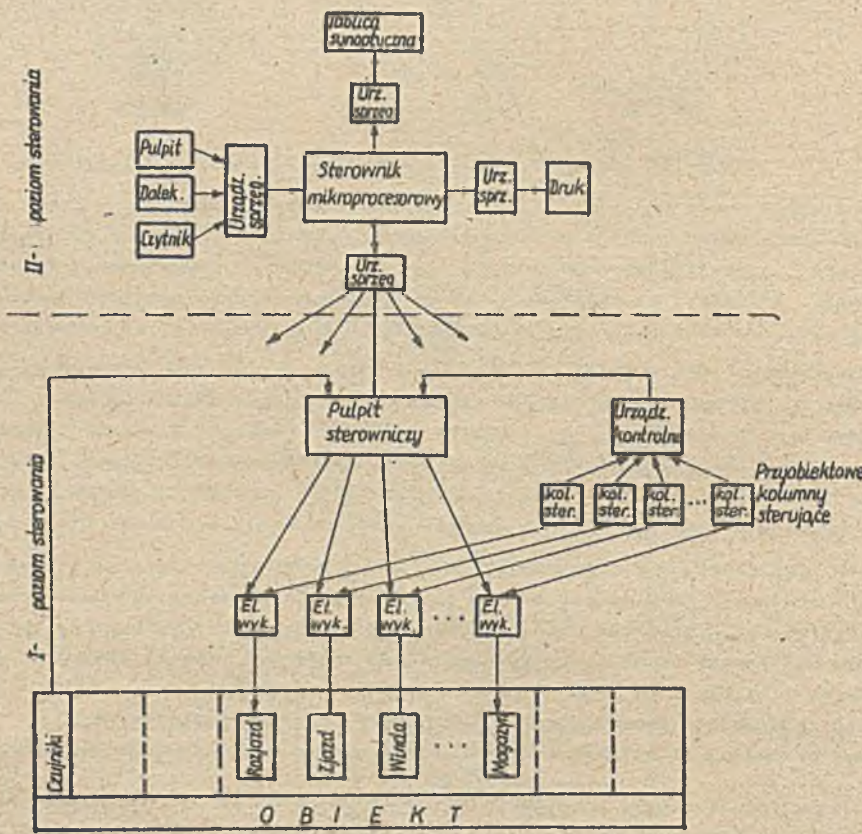
- I - poziom obejmujący konwencjonalną automatykę sztywnoprogramową oraz
- II - nadrzędny poziom sterowania komputerowego, oparty na sterowniku mikroprocesorowym.

System automatyzacji ciągów transportu technologicznego USTT na pierwszym poziomie automatyki konwencjonalnej opiera się na Uniwersalnym Systemie Modułowym INTELCYFRIK-USM. Obecnie INTELCYFRIK USM tworzy podgrupa oznaczona symbolem USM12, zbudowana z elementów RTL i charakteryzująca się podwyższoną odpornością na zakłócenia elektryczne. Równocześnie wdrażana jest do produkcji podgrupa USM13, budowana z elementów TTL, mająca służyć do budowy układów cyfrowych przeznaczonych do przetwarzania informacji wielobitowej. Obydwie podgrupy: USM12 i USM13 są kompatybilne, czyli samowystarczalne i umożliwiające współpracę układów zbudowanych z urządzeń obydwu grup. Urządzenia USM12 uniwersalnego systemu modułowego INTELCYFRIK USM są zestawem uniwersalnych pakietów umożliwiających budowanie układów logicznych: kombinacyjnych, sekwencyjnych oraz sygnalizacji, przeznaczonych do programowo-logicznego sterowania i kontroli procesów przemysłowych. Ze względu na swoją uniwersalność mogą być stosowane tam, gdzie istnieje zapotrzebowanie na środki automatyzacji dyskretnej, a więc w przemyśle maszynowym, spożywczym, materiałów budowlanych, chemicznym, w energetyce, klimatyzacji, okrętownictwie itp.

Poszczególne człony realizują następujące funkcje:

- człony wejściowe - spełniają rolę ujednolicenia, przekształcenia i wzmacniania sygnałów,
- człony (funktory) logiczne - realizują podstawowe funkcje logiczne (suma, negacja sumy itp.),
- człony sygnalizacyjne - sygnalizują moment rozwarcia styków czujnika lub przerwania obwodu - optycznie (światłem migowym i ciągłym) oraz akustycznie (obydwa rodzaje z niezależnym kasowaniem),
- człony czasowe - realizują opóźnienie podania lub zaniku sygnału,
- człony pamięciowe - realizują takt pamięciowy za pomocą przerzutników; dla zapobieżenia skutkom zaniku napięcia zasilającego stosuje się przerzutniki z podtrzymaniem magnetycznym,

- człony wyjściowe - realizują zadanie wzmacniania sygnałów,
- człony różne - w grupie tej ujęto bloki nietypowe, występujące w zasadzie jednostkowo w poszczególnych układach,
- człony zasilające - obejmują zasilacze, stabilizatory oraz przetwornice napięcia.



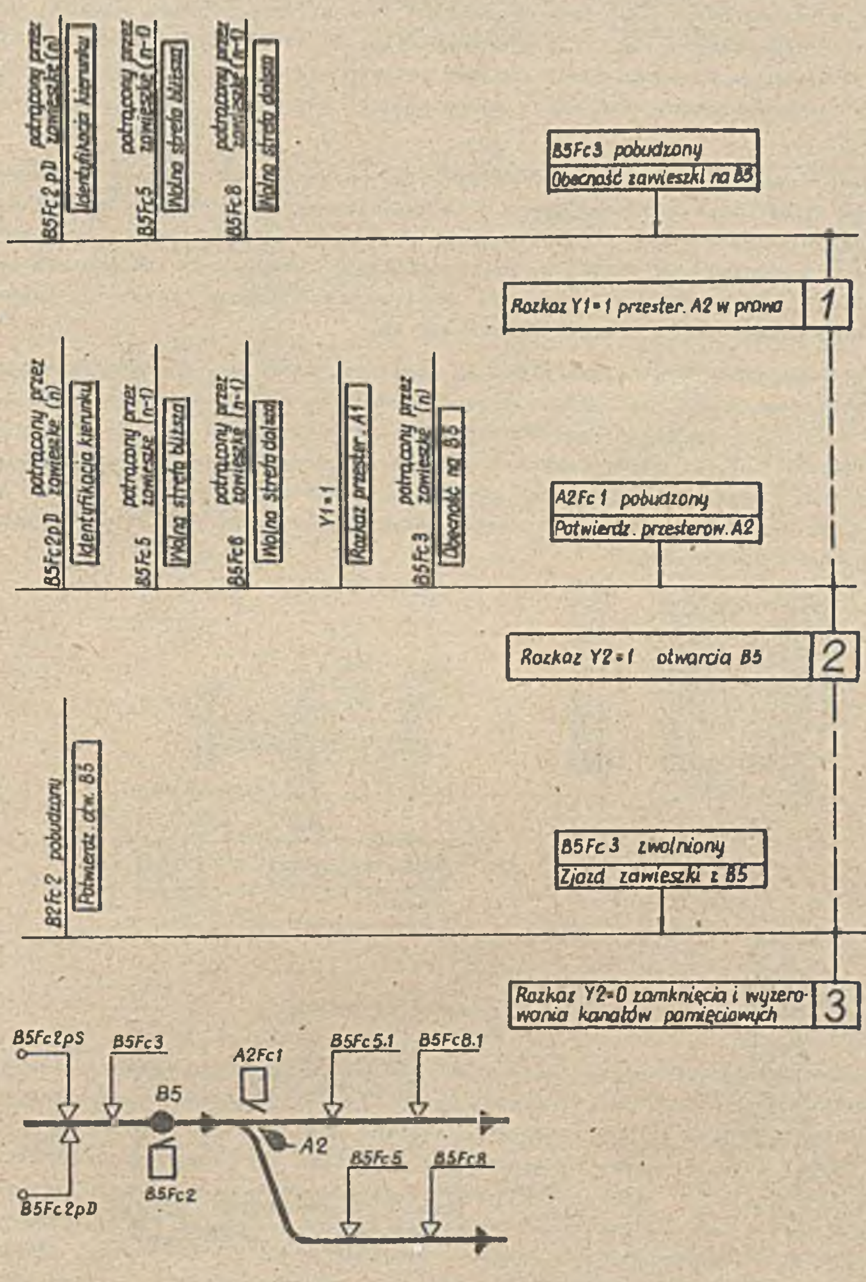
Rys.6. System sterowania ciągów transportu technologicznego

W zakresie konstrukcji USM12 charakteryzuje się dostosowaniem wymiarów do szeregu wymiarowego 19 cali. Poszczególne pakiety mocowane są w kasetach, mieszczących do 14 pakietów. INTELCYFRIK - USM12 wchodzi w skład Krajowego Systemu Automatyki i Pomiarów "POLMATIK".

Funkcje systemu automatyzacji ciągów transportu technologicznego

Uniwersalny system modułowy INTELCYFRIK - USM12 umożliwia automatyczne sterowanie dowolnymi ciągami transportu technologicznego. Jego wykorzystanie będzie omówione na przykładzie najbardziej skomplikowanego urządzenia transportu, tj. dwutorowego przenośnika podwieszonego.

Ruch zawieszek na torze takiego przenośnika uzależniony jest od stanu tzw. bloków, czyli urządzeń umożliwiających wyzębianie oraz zazębianie zawieszek w stosunku do łańcucha napędowego. Bloki ustawione są na całej długości toru w miejscach przed węzłami technologicznymi takimi, jak rozjazd torów, zjazd z kilku torów, winda, spadek toru, magazyn na torze itp., zapewniające ich poprawną i bezkolizyjną pracę. Działanie bloku przed rozjazdem z dwóch torów wyjaśnia algorytm na rys.7. Praca bloku jest sterowana silnikiem elektrycznym, otrzymującym sygnały z układu logicznego w zależności od stanu łączników krańcowych: AFc1, BFc2, BFc3, BFc5, BFc8, BFc2pS i BFc2pD.



Rys.7. Algorytm działania rozjazdu

Blok otwiera się po spełnieniu następujących warunków:

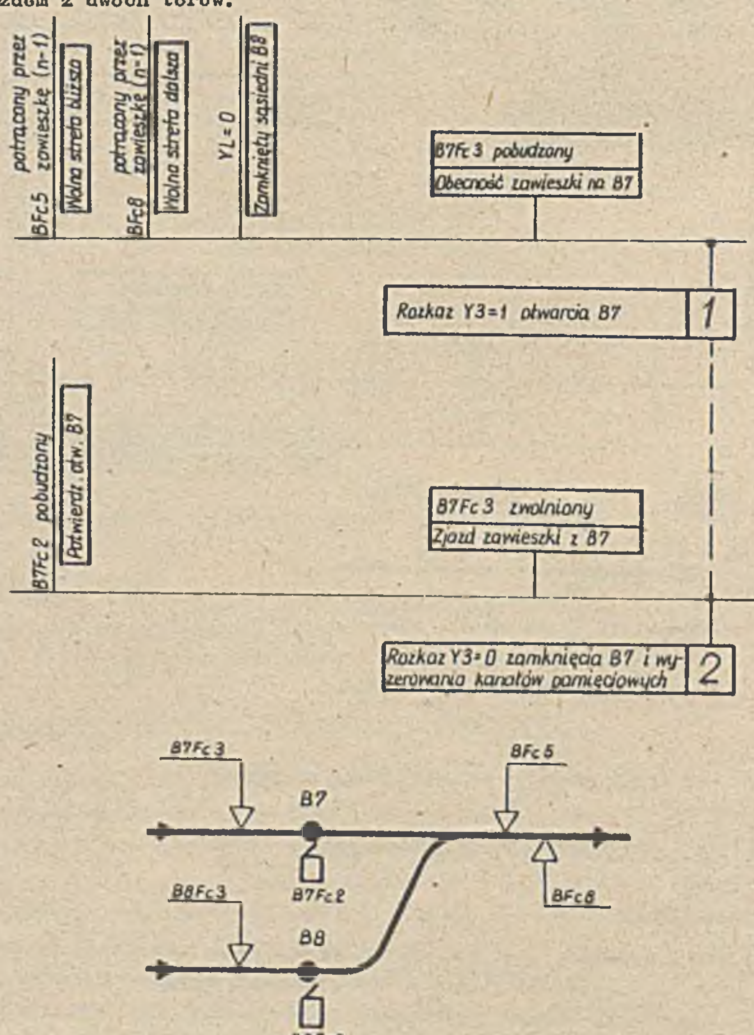
- wolna strefa za blokiem
- obecność zawieszki na bloku.

Dla bloku przed rozjazdem wymagane jest spełnienie dodatkowego warunku, a mianowicie - ustabilizowanie stanu rozjazdu. Natomiast dla bloku przed zjazdem z kilku torów musi być spełniony dodatkowy warunek, tzn. zamknięcie bloków sąsiednich. Podobnie dla bloku przed windą wymagane jest spełnienie kolejnego warunku, tj. winda znajduje się w górnym położeniu. Po spełnieniu wymienionych warunków blok otwiera się, przepuszcza zawieszkę i natychmiast zamyka się.

Rozjazd będzie ustawiony w prawo albo w lewo w zależności od adresu zawieszki zbliżającej się do bloku przed rozjazdem. Każda zawieszka wyposażona jest w ruchomy palec sektora, wsuwany lub wysuwany ręcznie i stanowiący mechaniczny wskaźnik celu. Po stwierdzeniu przez łączniki krańcowe BFc2pS lub BFc2pD żądanego kierunku jazdy rozjazd ustawia się w lewo lub prawo, a potwierdzeniem ustabilizowanego stanu rozjazdu, zgodnego z żądaniem jest prawidłowe ustawienie łącznika krańcowego AFc1.

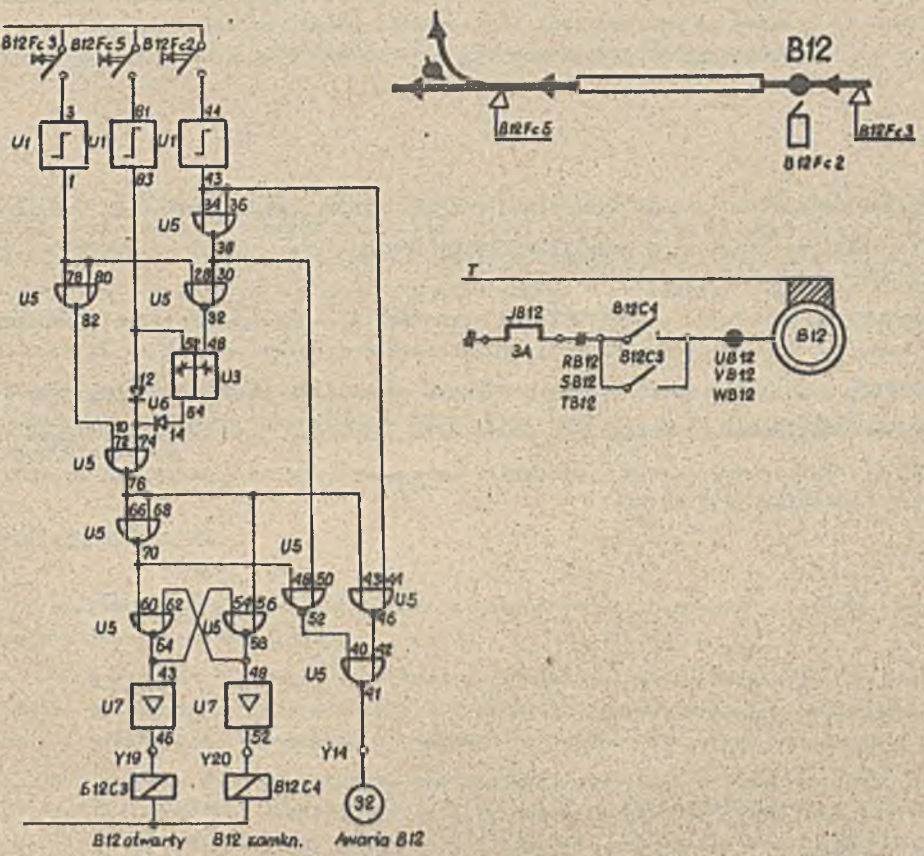
Łączniki krańcowe BFc5 lub BFc5.1. kontrolują odejście zawieszki od bloku na odpowiednią odległość. Zwolnienie strefy kontrolowanej przez blok sygnalizowane jest łącznikami krańcowymi BFc8 i BFc8.1. Potrącenie łącznika BFc5 i niepotrącenie BFc8 świadczy o zajęciu strefy za blokiem. Bezpośrednim sygnałem na ustawienie rozjazdu, przy spełnionych wszystkich pozostałych warunkach, jest najechanie zawieszki na łącznik B6Fc3 (rys. 7). Następuje realizacja pierwszego taktu sekwencji przejścia zawieszki przez rozjazd, czyli ustawienie A2.

W drugim takcie dochodzi do otwarcia bloku B5 przed rozjazdem A2, a sygnałem bezpośrednio inicjującym realizację tego taktu jest potwierdzenie łącznikiem A2Fc1 ustabilizowania stanu rozjazdu A 2, zgodnie z rozkazem wg taktu poprzedniego. Trzeci takt sekwencji, obejmujący zamknięcie bloku B5 i wyzerowanie kanałów pamięciowych w układzie logicznym, nastąpi przy potwierdzeniu łącznikiem krańcowym B5Fc2 poprawnego wykonania rozkazu wg taktu poprzedniego i jest wywołany sygnałem B5Fc3, czyli po zejściu zawieszki z łącznika B5Fc3. Algorytm na rys. 8 przedstawia działanie bloków przed zjazdem z dwóch torów.



Rys. 8. Algorytm działania zjazdu

Na rys. 9 pokazano przykład schematu ideowego układu zrealizowanego na systemie INTELCYFRIK - USM12 dla najprostszego przypadku - sterowania bloku przed magazynem na torze.



Rys. 9. Sterowanie blokiem B12

Jedną z bardzo istotnych funkcji w systemie sterowania ciągów transportu technologicznego spełniają kanały pamięciowe. Układy sterowania muszą bowiem pamiętać swój stan logiczny, a tym samym stan zawieszek na torze w chwili zaniku napięcia zasilającego. Po ponownym powrocie napięcia układ sterowania musi automatycznie kontynuować prowadzenie obiektu w tych samych taktach sekwencji, jak przed zanikiem napięcia. W systemie INTELCYFRIK - USM12 rolę tę pełnią pakiety pamięci magnetycznej USM 12-5011 i USM12 - 5021. W chwili zaniku napięcia stan półprzewodnikowych elementów pamięciowych (przerzutników) jest zapisany do rdzeni magnetycznych, a po powrocie napięcia następuje w pierwszym kroku wyzerowanie wszystkich półprzewodnikowych elementów pamięciowych, a następnie przepisanie do nich zawartości przyporządkowanych im rdzeni magnetycznych.

Wnioski

Opracowanie i wdrożenie systemu sterowania ciągów transportu technologicznego wiąże się z efektami ekonomicznymi. Stworzona została możliwość wyeliminowania znacznego wkładu dewizowego, a efekty obliczone na przykładzie układu sterowania przenośnikiem podwieszonym w Poznańskiej Fabryce Maszyn Żniwnych wynoszą ok. 250 tys.zł na jednym węźle technologicznym, a dla całego układu - ok. 2.000 tys.zł. Oprócz wyeliminowania importu uzyskuje się znaczną miniaturyzację układów w wyniku zastosowania elektronicznego systemu modułowego. Oparcie systemu sterowania ciągów transpor-

tu technologicznego na INTELCYFRIK-USM12 wiąże się z pracą na standardowym i uniwersalnym sprzęcie objętym Krajowym Systemem Automatyki i Pomiarów "POLMATIK".

Dalsze prace nad automatyzacją dużych ciągów transportu technologicznego będą zmierzały w kierunku opracowania układów ze sterownikami mikroprocesorowymi, pracującymi jako nadrzędny poziom sterowania i współpracującymi z opisanymi wyżej konwencjonalnymi systemami sterowania binarnego.

Literatura

[1] Informator zastosowań części centralnej POLMATIC-INTE. INTELCYFRIC-USM. Warszawa 1977

[2] Projektowanie na elementach podsystemu INTELCYFRIK - USM. Zeszyt 1. WZAK MERA-ZAP-MONT, Poznań 1977. Instrukcja

[3] MALINOWSKI T., ROESKE J., SICZYŃSKI P., SZYMAŃSKI Ł.: Koncepcja systemu automatyzacji ciągów transportu technologicznego. Biuletyn MERA 1976 nr 7

[4] SZYMAŃSKI Ł.: Automatyzacja ciągów transportu technologicznego. Biuletyn MERA 1977 nr 12

[5] System zautomatyzowanego transportu wewnątrzzakładowego. Technika zagraniczna 1978 nr 4

[6] WOŹNIAK L.: Układy sterowania w przemyśle maszynowym oparte o podsystem INTELCYFRIK-USM. Biuletyn MERA-PIAP 1977 nr 3-4

mgr inż. Jan STEFANEK
Instytut Gospodarki Magazynowej
Poznań

Komputerowe systemy automatyki w magazynach wysokiego składowania

Wprowadzenie

Magazyn i gospodarka magazynowa stały się przedmiotem szczególnego zainteresowania wielu instytucji, zwłaszcza na przestrzeni ostatnich kilku lat. Zainteresowanie to przejawia się w wielu płaszczyznach: administracyjnej, naukowej, produkcyjno-handlowej i popularyzatorsko-szkoleniowej. Wynika to z niedopasowania technologicznego i organizacyjnego istniejących magazynów do unowocześnianych i modernizowanych procesów technologicznych, a także do coraz częściej realizowanych za pomocą nowoczesnego sprzętu komputerowego rozliczeń ekonomicznych.

Poniżej podano ogólny opis budowy i działania magazynu, struktury komputerowych systemów automatyki (KSA) w magazynach wysokiego składowania (MWS) oraz omówiono niektóre aspekty projektowania KSA w warunkach krajowych.

Ogólna charakterystyka magazynów

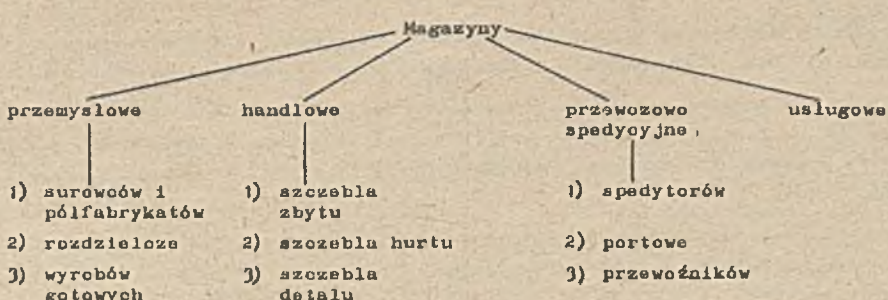
Przystępując do omawiania magazynów jako obiektów automatyzacji należy zdefiniować podstawowe pojęcia występujące w tej dziedzinie [3].

Pod pojęciem m a g a z y n rozumie się jednostkę funkcjonalno-organizacyjną do przyjmowania, przemieszczania, składowania, kontrolowania i wydawania dóbr materialnych, zajmującą wyodrębnioną powierzchnię i przestrzeń, wyposażoną w odpowiednie środki techniczne i informatyczne.

Przez d o b r o rozumie się samodzielnie występującą jednostkę jakiegoś artykułu reprezentowaną przez jego środek ciężkości. Jeżeli z racji fizykochemicznych własności tego artykułu (gazy, płyny, proszki itp.) wyznaczenie jego środka ciężkości jest niemożliwe przyjmuje się środek ciężkości opakowania, w którym to dobro się znajduje.

Magazyn wysokiego składowania wyróżnia się stosowaniem wyłącznie zunifikowanych jednostek ładunkowych (palety, kosze) oraz zwiększoną wysokością składowania (powyżej 6 m) i wysokim stopniem automatyzacji działania.

Podziału magazynów możemy dokonywać według różnych kryteriów. Jednym z nich jest podział bliski procesom technologicznym (rys. 1), pozwalający na rozpatrywanie magazynów w układzie zgodnym obiegiem dóbr materialnych w obrocie towarowym [2].

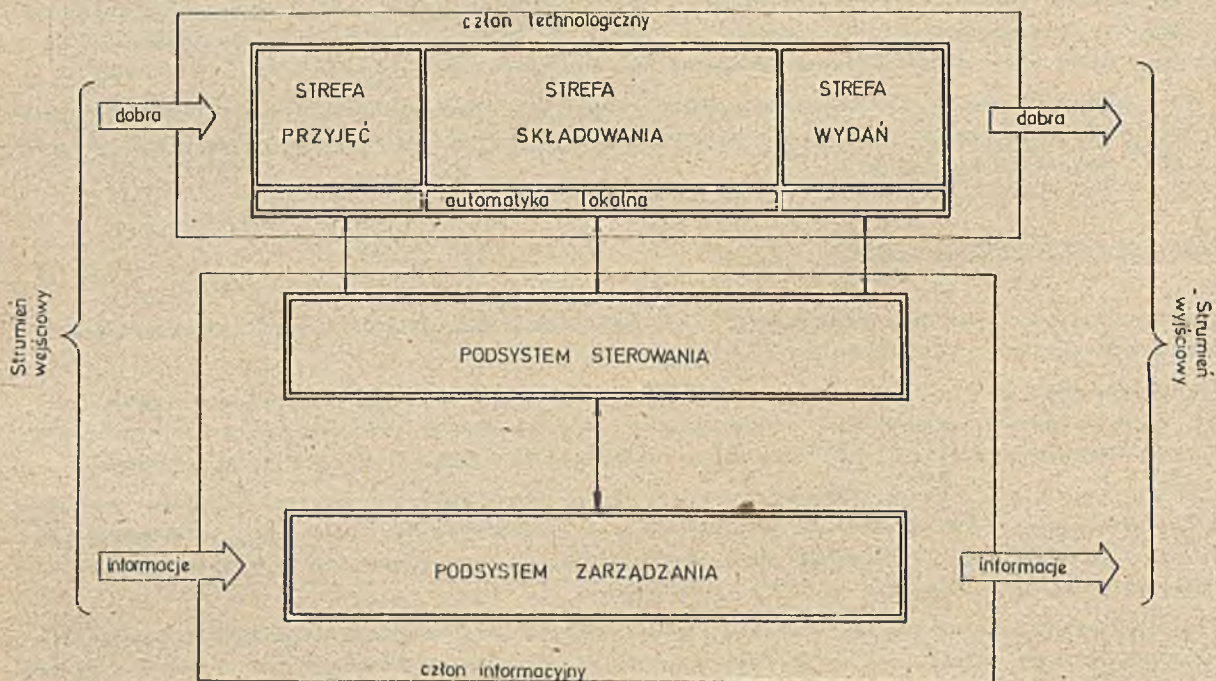


Rys. 1. Podział magazynów - zgodny z cyklicznym obiegiem dóbr materialnych w obrocie towarowym

Powyższy podział ulega pewnym modyfikacjom m.in. na skutek wdrażania MWS, np. magazyn surowców i półfabrykatów, rozdzielczy i wyrobów gotowych może być skupiony w jednym obiekcie terytorycznie i formalnie. Ponadto, ww podział wynika z różnych akcentów na poszczególnych dziedzinach działalności magazynu, a nie z różnorodności realizowanych zadań - wymienionych w definicji magazynu.

Model ogólny i budowa MWS

W magazynie możemy wyróżnić dwa podstawowe człony, tj. technologiczny i informacyjny. Struktury poszczególnych członów i ich wzajemne powiązanie mogą różnić się w zależności od charakteru punkt "Ogólna charakterystyka magazynów" i stopnia automatyzacji danego magazynu. Na rys. 2 przedstawiono uogólniony model magazynu [3].



Rys. 2. Uogólniony model magazynu

Człon technologiczny w MWS

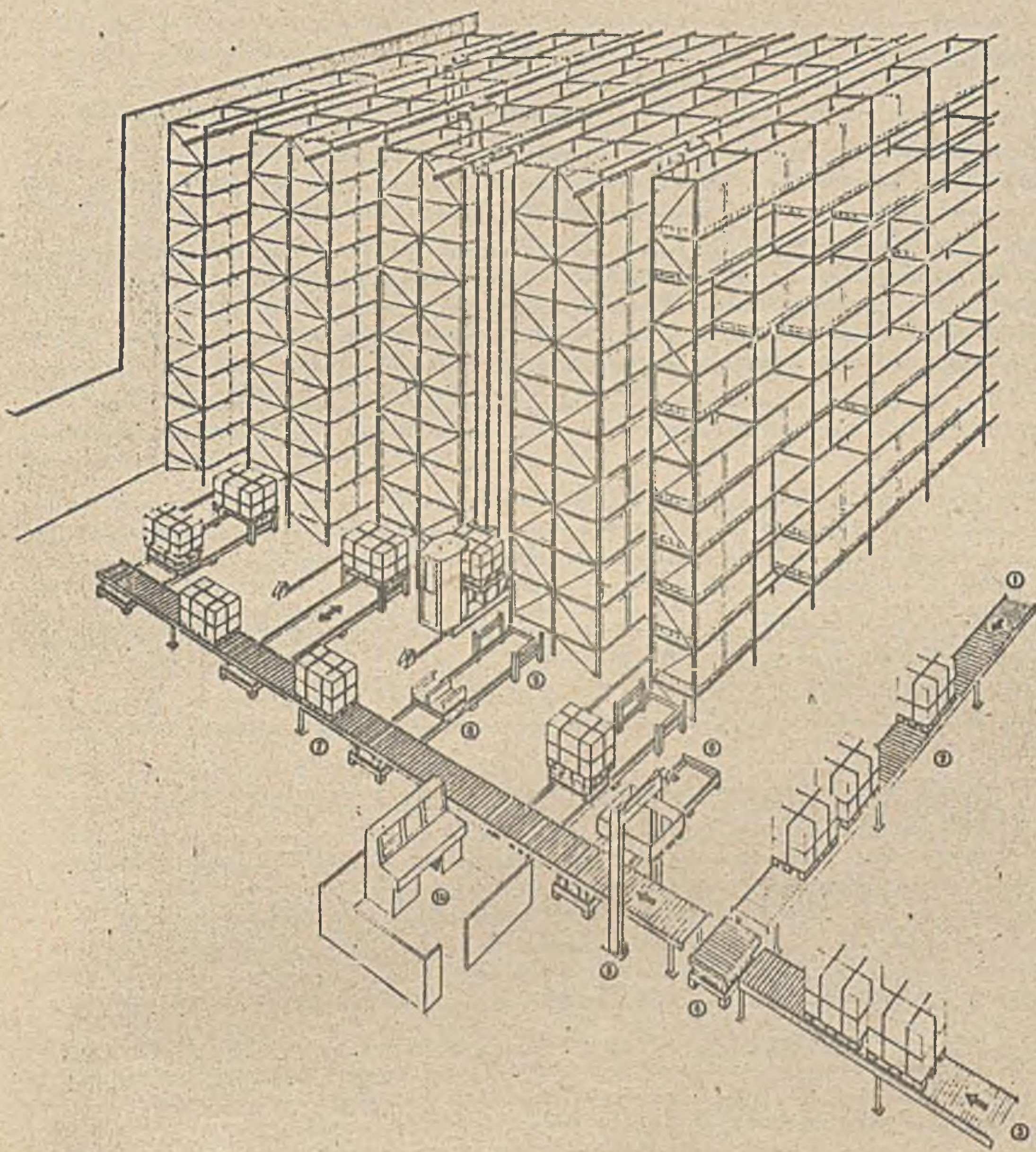
Człon technologiczny MWS tworzy zespół przestrzeni i urządzeń o wysokim stopniu mechanizacji i automatyzacji (rys. 3). Możemy tu wyróżnić 3 zasadnicze strefy: wejścia, składowania i wyjścia [4].

W strefie wejścia dostarczone przez dostawców dobra podlegają obróbce wstępnej (rozpakowanie, włożenie do koszy lub na palety, opisywanie itp.) do postaci jednostki ładunkowej standardowej w danym magazynie. Po uformowaniu jednostka ładunkowa przesyłana jest za pomocą transporterów czoła MWS do strefy składowania.

Strefę składowania stanowią regały (powyżej 6 m wysokości) oraz specjalne układnice umożliwiające składowanie i pobieranie jednostek ładunkowych palet, koszy, pojemników z określonych miejsc adresowych w regałach.

W strefie wyjścia, dobra za pomocą automatycznych transporterów dostarczane są do sektorów wydań i po przygotowaniu do wymaganej postaci przekazywane do poszczególnych odbiorców.

Na rys. 3 przedstawiono magazyn wysokiego składowania typu przepływowego, w którym strefa wejś-



Rys. 3. Widok ogólny urządzeń członu technologicznego MWS

1 - Wejście dóbr, 2 - transporter wejściowy, 3 - wejście dóbr od strony rampy dostawczej, 4 - stół obrotowy, 5 - kontrola gabarytów palet, 6 - usuwanie palet z usterkami, 7 - transporter czoła magazynu, 8 - wózek przenośnikowy, 9 - stanowisko załadowcze palet dla układnicy, 10 - pulpit sterowniczy

cia i strefa wyjścia rozmieszczone są po przeciwnych stronach strefy składowania (np. magazyn w ZRK Warszawa).

Człon informacyjny

W członie informacyjnym MWS wyróżnić możemy podsystem zarządzania i podsystem sterowania.

Kolekcjonowanie, obróbkę, generowanie i transmisję danych w obydwu podsystemach realizuje sprzęt informatyczny pracujący w III-poziomowym układzie hierarchicznym. Strukturę sprzętu informatycznego przedstawiono w punkcie "Ogólna struktura sprzętu KSA dla MWS".

Podsystem zarządzania przetwarza dane ze strumieni informacji towarzyszącym dobrom przyjmowanym i wydawanym, dane przesyłane od podsystemu sterowania informujące o stanie urządzeń technologicznych oraz dane od operatora systemu. Strumień informacji wyjściowej podsystemu zarządzania tworzą dane przekazywane do urządzeń peryferyjnych w postaci żądanych wydruków raportów i komunikatów lub do innych systemów zarządzających przedsiębiorstwem oraz dane do podsystemu sterowania.

W podsystemie sterowania wyróżnić możemy trzy główne strumienie danych, transmitowanych w obydwu kierunkach, tj. z/do: podsystemu zarządzania, sterowanego obiektu, operatora podsystemu sterowania.

Informację wejściową dla podsystemu sterowania stanowią dyspozycje od podsystemu zarządzania, stan sterowanych urządzeń technologicznych i ewentualne dyspozycje operatora tego podsystemu. Wynik przetwarzania przesyłany jest po odpowiednich liniach do "listwy zaciskowej" szafy automatyki lokalnej oraz do podsystemu zarządzania lub operatora.

W większości wypadków, z podsystemu sterowania generowane są wszystkie podstawowe sygnały sterujące danym urządzeniem. Przetworzenie ich na odpowiednią postać (poziom napięcia, natężenia, kształt itp.) realizuje układ automatyki lokalnej danego urządzenia.

Jednym z elementów wykonawczych członu informacyjnego, podobnie jak i członu technologicznego, jest operator.

Zadania i funkcje realizowane przez operatorów systemu są uzależnione od ogólnej organizacji pracy w magazynie. Możemy wyróżnić dwa typy operatorów:

- operator - jako element wykonawczy systemu; są to operatorzy wszystkich terminali wprowadzania tych danych, których przekazywanie automatyczne jest na obecnym poziomie techniki niemożliwe lub zbyt kosztowne (np. czytanie pisanego tekstu, przeliczanie różnorodnych elementów, sterowanie niektórymi odcinkami członu technologicznego itp.) ; poza tym, operatorzy ci wykorzystywani są przy awaryjnych stanach pracy jednego z poziomów sprzętu informatycznego, tzn. przejmują realizację części lub całości wykonywanych funkcji przez ten sprzęt;
- operator - jako "układ" nadrzędny w stosunku do danego poziomu KSA. Operator ten ma możliwość ingerencji w pracę systemu, ma dostęp do bazy danych (po wprowadzeniu odpowiedniego kodu), modyfikacji programów itp. Ponadto operator wydaje dyspozycje dotyczące wydruku niektórych raportów lub komunikatów w normalnym stanie pracy systemu i w stanach awaryjnych.

Zadania i funkcje realizowane przez KSA

Przez zapewnienie bieżącego rejestrowania danych (stanu) oraz sterowania, komputerowe systemy automatyki w MWS powinny przede wszystkim zapewnić sprawną realizację podstawowych zadań magazynu, tj. przyjmowanie, składowanie i wydawanie dóbr materialnych. Zadania te wykonywane są przez zbiór funkcji realizowanych przez sekwencyjną lub sekwencyjno-równoległą aktywizację podstawowych czynności występujących w członie technologicznym i informacyjnym MWS. Ponadto, oczekuje się od KSA jakościowych efektów w gospodarce magazynowej przez "natychmiastowe" lub cykliczne dostarczanie raportów i komunikatów o stanie magazynu, np. mogą to być raporty lub komunikaty dotyczące:

- ogólnego stanu magazynu
- stanu jednego z wybranych asortymentów

- stanu wybranej jednostki ładunkowej
- przekroczenia ekstremum normatywu magazynowego w poszczególnych asortymentach.

Jeżeli przedsiębiorstwo posiada inne systemy zarządzania, oparte na sprzęcie informatycznym, powyższe dane mogą być dostarczane do tych systemów wsadowo lub łączami teletransmisyjnymi ; umożliwiają wówczas wykorzystanie tych danych w operatywnym planowaniu i zarządzaniu produkcją lub ogólną działalnością danej jednostki gospodarczej.

Zbiór funkcji realizujących przedstawione powyżej zadania, w dotychczas wybudowanych MWS, jest stosunkowo mały. Podsystem zarządzający realizuje najczęściej podstawowe funkcje, przejęte z klasycznego "ręcznego" podsystemu zarządzania magazynem.

Treść i forma generowanych raportów i komunikatów często odbiega od rzeczywistych potrzeb użytkownika. Dotyczy to szczególnie ubogiego zestawu raportów na żądanie, umożliwiających uzyskanie szybkiej i "strawnej" informacji o aktualnym stanie magazynu, a tak niezbędnej przy operatywnym planowaniu i zarządzaniu działalnością poszczególnych służb przedsiębiorstwa. Sporadycznie wykorzystuje się możliwości, jakie daje technika komputerowa do optymalizacji pracy systemu i pracy urządzeń technologicznych sterowanych przez system w MWS.

Przedstawione powyżej zagadnienia stanowią przedmiot prac badawczych, projektowych i wykonawczych w jednostkach zajmujących się tą problematyką.

Ogólna struktura sprzętu KSA dla MWS

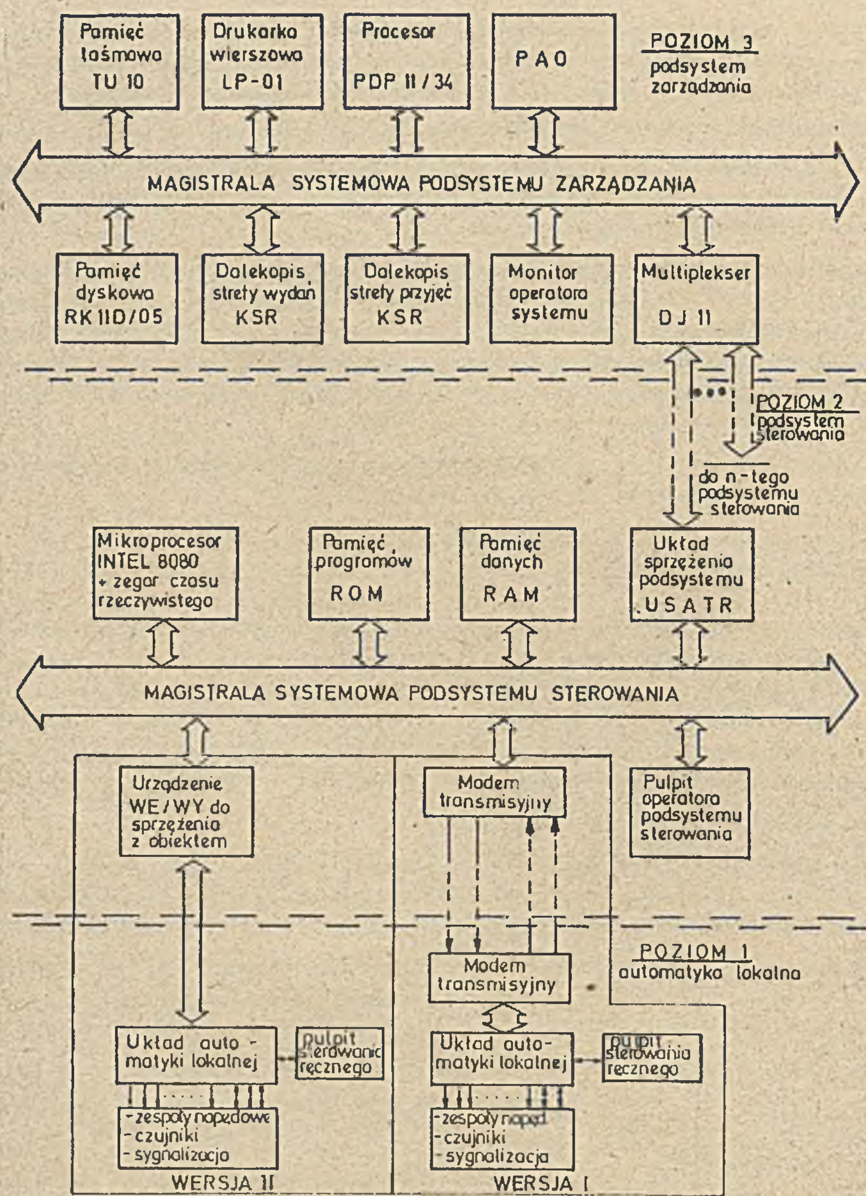
Wraz z rozwojem struktur i technologii wytwarzania zespołów elektronicznych zmienia się struktura techniczna sprzętu informatycznego KSA. Na rys. 4 przedstawiono schemat blokowy 3-poziomowej hierarchicznej struktury sprzętu informatycznego. Tego typu konfigurację sprzętu stosuje się obecnie w większości MWS. Istnieje wiele magazynów, w których nie zainstalowano sprzętu informatycznego na każdym z 3 poziomów, co powoduje zmianę jego algorytmu i jakości działania oraz zmianę przepustowości liczoną w jednostkach ładunkowych na dobę.

- Poziom 1 - automatyki lokalnej może stanowić:
  - układ elektryczny sterowania napędami wraz z układem elektronicznym wspomagającym operatora przy pozycjonowaniu (precyzyjnym ustawieniu wideł układnicy przed danym gniazdem regałowym); sygnały decyzyjne dla układu generuje operator;
  - układ elektryczny sterowania napędami stanowiący "stopień mocy" dla sygnałów sterujących generowanych z drugiego poziomu, tj. z podsystemu sterowania. Pulpit operatorski, zainstalowany na poziomie pierwszym wykorzystuje się tylko w stanach awaryjnych urządzeń.

  Oprócz układów sterowania napędami, na poziomie 1 zainstalowane są również układy czujników orientujących przemieszczany obiekt w przestrzeni oraz układy sygnalizacyjne. Punktem styku poziomu 1 z poziomem 2 jest listwa zaciskowa, do której podłączony jest również pulpit do ręcznego sterowania obiektem.

- Poziom 2 - podsystem sterowania. Bazę sprzętową tego poziomu stanowi najczęściej mikrokomputer zwany "sterownikiem" (np. DEA w MWS firmy FATA, DEMATIK 7000 R w MWS firmy DEMAG itd.) wraz z urządzeniami peryferyjnymi umożliwiającymi połączenie z poziomem 1, a także z poziomem 3. Połączenie poziomów 1 i 2 może być zrealizowane w dwojaki sposób:
  - bezpośrednią magistralą sygnałową przy małych odległościach (ok. kilku do kilkunastu metrów) między układami pracującymi w tych poziomach;
  - za pomocą linii i modemów transmisyjnych przy większych odległościach między układami z poszczególnych poziomów.

  W praktyce, sterowanie urządzeniami czoła MWS (transportery, wagi, punkty kontroli gabarytów itp.) realizowano jest bezpośrednią magistralą sygnałową, natomiast połączenie między układami automatyki lokalnej układnicy a sterownikiem zrealizowane jest za pomocą zespołu transmisyjnego.



Rys. 4. Schemat blokowy struktury technicznej komputerowego systemu automatyki dla MWS
Wersja I - sterowanie obiektem oddalonym
Wersja II - sterowanie obiektem bliskim

Obecnie przeprowadza się próby układnic, na których oprócz układów poziomu 1 zainstalowany jest również sprzęt informatyczny poziomu 2. Możliwe jest wówczas połączenie tych poziomów bezpośrednią magistralą sygnałową.

Zegar czasu rzeczywistego, zainstalowany na tym poziomie, umożliwia kontrolę prawidłowej realizacji zadań. W momencie wysłania odpowiedniej kombinacji sygnałów decyzyjnych do obiektu, sterownik kontroluje prawidłowość realizacji zadania przez system czujników i pomiar czasu. W wypadku przekroczenia czasu w stosunku do przewidzianego (każda operacja ma określony maksymalny

czas realizacji) następuje sygnalizacja awarii wraz z podaniem bliższych informacji o jej charakterze.

- Poziom 3 - podsystem zarządzania. Bazę sprzętową tego poziomu stanowi minikomputer np. PDP 11/05,34; SM-3,4; MERA-400 itp. wraz z urządzeniami peryferyjnymi umożliwiającymi realizację zadanych funkcji. Komunikacja z operatorem systemu oraz operatorami poszczególnych stref realizowana jest za pomocą monitorów ekranowych lub dalekopisów typu KSR oraz drukarek znakowych lub wierszowych. Jeśli w systemie zainstalowany jest sprzęt informatyczny na poziomie 2, to komunikacja z poszczególnymi sterownikami realizowana jest za pomocą multipleksowanej magistrali sygnałowej. Zastosowanie dwóch rodzajów pamięci masowej (dyski i pamięć taśmowa) wymagane jest ze względu na przyjętą metodę zabezpieczenia podstawowych zbiorów przed zniszczeniem.

Przedstawiona powyżej struktura sprzętu KSA ulega pewnym modyfikacjom wraz z rozwojem nowych układów elektronicznych o dużej skali integracji (LSI). W szczególności układy mikroprocesorów, pamięci, interfejsów, bloków przerwań, układów wejścia/wyjścia itp. umożliwiają budowę elastycznych i niezawodnych struktur przy jednoczesnej obniżce kosztów inwestycyjnych. Należy spodziewać się, że minikomputery (w obecnie rozumianym pojęciu) będą wyparte przez sprzęt oparty na mikroprocesorach i innych układach LSI.

Ogólna struktura oprogramowania dla MWS

Podstawowym zbiorem danych jest kartoteka magazynowa (KM) zawierająca dane o dobrach składowanych i przewidzianych do składowania w danym magazynie. Jest to zbiór danych uporządkowany według kodu asortymentowego.

Drugim zasadniczym zbiorem jest kartoteka paletowa (KP) magazynu zawierająca dane o stanie magazynu z punktu widzenia jednostek ładunkowych, ich zawartości, rozmieszczenia w przestrzeni magazynowej itp. Jest to zbiór danych uporządkowany według numerów jednostek ładunkowych. Ponadto dla konkretnych zastosowań tworzone są dodatkowe zbiory danych.

W większości pracujących obecnie systemów podstawowe zbiory zabezpieczone są przez kopiowanie ich na dwóch różnych urządzeniach pamięci masowych sterowanych przez różne jednostki sterujące. Awaria jednego z urządzeń lub wadliwa jego praca, nie spowoduje zniszczenia zapisu lub wprowadzenia tych samych błędów na drugim nośniku pamięciowym. Oprócz tego prowadzona jest bieżąca kontrola urządzeń przez odpowiednio zakodowane sumy kontrolne dla każdego bajtu, rekordu itp.

Aktualizacja i porządkowanie zbiorów dokonuje się najczęściej systemem off-line na końcu zmiany pracy magazynu lub też przed rozpoczęciem następnej. Bieżąca aktualizacja zbiorów wymaga stosunkowo długiego czasu zajętości procesora oraz bardziej złożonego systemu zarządzającego programami, co znacznie komplikuje pracę systemu w czasie rzeczywistym.

W trakcie pracy w układzie on-line system wykorzystuje dane ze zbiorów zapisanych na dysku magnetycznym (ze względu na krótki czas dostępu do poszczególnych rekordów) a wszystkie dane o zrealizowanych transakcjach magazynowych* zapisuje sekwencyjnie na taśmie magnetycznej. Zapis ten stanowi podstawę do aktualizacji i kopiowania zbiorów na końcu zmiany.

Działanie MWS

Wszystkie procesy zachodzące w MWS można wykonywać przez sekwencyjną lub równoległą realizację elementarnych czynności występujących w członie technologicznym i informacyjnym. Nie wdając się w szczegółową analizę tego problemu [7] poniżej opisano proces przyjmowania i wydawania dóbr z MWS.

* Przez transakcję magazynową rozumie się przyjęcie lub wydanie do/z magazynu (formalnie i merytorycznie) jednej jednostki ładunkowej w jednym asortymencie. Jeżeli występuje kilka asortymentów w jednej jednostce ładunkowej lub odwrotnie, to liczba zrealizowanych transakcji odpowiednio zwielokrotnia się.

Przebieg tego procesu uzależniony jest w znacznym stopniu od rodzaju magazynu (rys. 1) oraz od stopnia wyposażenia technicznego członu technologicznego i informacyjnego.

Spośród wielu możliwych wersji przyjęto, że MWS wyposażony jest w sprzęt technologiczny podany w punkcie "Człon technologiczny w MWS" oraz na rys. 3, natomiast strukturę techniczną sprzętu informatycznego podano dla 4 wariantów wyposażenia poszczególnych poziomów (1,2 i 3; 1 i 2; 1 i 3; tylko 1). Podobnie przebiega sposób realizacji transakcji przychodu i rozchodu w MWS, w którym zainstalowano sprzęt informatyczny na wszystkich 3 poziomach, lecz na jednym z nich lub na dwóch nastąpiła awaria. Po usunięciu awarii następuje aktualizacja zbiorów i wznowienie pracy systemu w normalnym reżimie.

W celu skrócenia opisu sposobu realizowania podstawowych czynności, wyróżnionych w procesie magazynowania dóbr w MWS, stopień automatyzacji ich wykonywania podano w układzie tabelarycznym (tab. 1 i tab. 2). Wyróżniono trzy stopnie automatyzacji wykonywania poszczególnych czynności: automatyczny "A", półautomatyczny "P", nieautomatyczny "N".

Zestawienie ważniejszych czynności oraz stopień automatyzacji ich realizacji przy transakcji przychodu w MWS

Tab. 1

Wyposażenie sprzętowe poszczególnych poziomów (1, 2 i 3) / Opis ważniejszych czynności realizowanych w MWS - transakcja przychodu	1 automatyka lokalna 2 sterownik 3 minikomputer	1 automatyka lokalna 2 sterownik 3 -	1 automatyka lokalna 2 - 3 minikomputer	1 automatyka lokalna 2 - 3 -
1 - Formowanie jednostki ładunkowej (palety, pojemnika),	Nr,Nz (Pd,Pw)	Nr,Nz (Pd,Pw)	Nr,Nz (Pd,Pw)	Nr,Nz (Pd,Pw)
2 - Transport jednostki ładunkowej ze strefy formowania i ustawienie jej na transporterze wo	Nż (Pd)	Nż (Pd)	Nż (Pd)	Nż (Pd)
3 - Wprowadzenie danych do kartoteki paletowej "KP"	Acz	Nr	Acz (Pd)	Nr
4 - Nadanie adresu składowania jednostki ładunkowej (nr korytarza X,Y,Z)	Aa	Nr	Aa	Nr
5 - Wypisanie dokumentu o zawartości jednostki ładunkowej. Przewodnik paletowy "PP"	Aa (Pw,Nr)	Nr	Aa (Pw,Nr)	Nr
6 - Przemieszczenie jednostki ładunkowej urządzeniami strefy wejścia (przenośniki, windy itp.)	Aa	Acz (Pd)	Acz * (Pd)	Acz * Pd
7 - Wprowadzenie danych do kartoteki asortymentowej "KA"	Acz	Nr	Acz	Nr
8 - Pobieranie jednostki ładunkowej z przenośnika i umieszczenie jej w określonym gnieździe regałowym	Aa	Acz	Nz	Nz

* - w magazynach bez sterowników pracą urządzeń przenośnikowych strefy wejścia i wyjścia steruje najczęściej automat sekwencyjny

Każdy ze stopni A,P,N może być realizowany w dwojaki sposób;

- automatyczny; 1-"A" - realizacja danej czynności bez udziału człowieka; dane wyjściowe dla procesu realizacji pobierane są z rejestrów stanu innych automatów lub z rejestrów pamięci; 2-"Acz" - realizacja danej czynności odbywa się automatycznie, przy czym dane wyjściowe prze-

Zestawienie ważniejszych czynności oraz stopień automatyzacji ich realizacji przy transakcji rozchodu w MWS

Tab. 2

Wyposażenie sprzętowe poszczególnych poziomów (1, 2 i 3) / Opis ważniejszych czynności realizowanych w MWS - transakcja rozchodu	1 automatyka lokalna 2 sterownik 3 minikomputer	1 automatyka lokalna 2 sterownik 3 -	1 automatyka lokalna 2 - 3 minikomputer	1 automatyka lokalna 2 - 3 -
1 - Wypisanie zestawienia jednostek ładunkowych do wydania w ciągu zmiany	Aa,Acz	Nr	Acz,Aa	Nr
2 - Wyszukiwanie adresów jednostek ładunkowych przewidzianych do wydania	Aa	Nr	Aa	Nr
3 - Pobranie jednostek ładunkowych z gniazd regałowych i umieszczenie ich na przenośniku strefy wyjścia	Aa (Acz)	Acz	Nz	Nz
4 - Transport jednostki ładunkowej do stanowiska wydań układem przenośników (wind) strefy wyjścia	Aa	Acz (Pd)	Acz* (Pd)	Acz* (Pd)
5 - Wprowadzenie danych do KM o wydawanym z MWS asortymencie	Acz	Nr	Acz	Nr
6 - Wprowadzenie danych do kartoteki KP o wydanej z MWS jednostce ładunkowej	Aa,Acz	Nr	Acz	Nr
7 - Pobranie jednostki ładunkowej z przenośnika i przemieszczenie jej na pole kompletacyjne strefy wydań	Nż (Pd)	Nż (Pd)	Nż (Pd)	Nż (Pd)
8 - wypisanie dokumentu spedycyjnego	Aa,Acz (Pw)	Nr,Nż	Acz	Nr,Nż

* - uwaga - jak w tab. 1.

kazywane są przez człowieka i mają charakter odpowiedzi "ilościowej" na konkretne zapytanie systemu (np. operator wprowadza dane z klawiatury monitora);

- półautomatyczny; 1-"Pd" - w trakcie realizacji poszczególnych etapów danego procesu człowiek pełni funkcje tylko decyzyjne (człowiek jest elementem decyzyjnym systemu);
  2-"Pw" -"człowiek jest tylko elementem wykonawczym systemu (wykonuje daną czynność pod dyktando systemu);
- nieautomatyczny; 1-"Nz" - w trakcie realizacji danej czynności człowiek pełni funkcję decyzyjną i wykonawczą, przy czym jego działanie wspomagane jest sprzętem technicznym (kalkulatory, ręczne drukarki, sprzęt wzmacniający siłę mięśni itp.);
  2-"Nr" - w trakcie realizacji danej czynności człowiek pełni funkcję decyzyjną i wykonawczą bez wspomagania sprzętem technicznym.

Zestawienie ważniejszych czynności wg kolejności ich wykonywania oraz stopień automatyzacji ich realizacji, przy transakcji przychodu podano w tab. 1. Analogicznie, w tab. 2 podano zestawienie dla transakcji rozchodu.

W niektórych wypadkach kolejność wykonywania poszczególnych czynności, w trakcie wydawania lub

przyjmowania dóbr do/z magazynu może być nieco inna od podanej w tabelach, nie zmienia to jednak ogólnej zasady działania MWS.

Podstawowym warunkiem prawidłowego funkcjonowania MWS jest m.in. odpowiednie wyposażenie poszczególnych poziomów w sprzęt informatyczny.

Istnieją tylko dwa efektywne warianty pracy MWS. Pierwszy z nich, najkorzystniejszy z punktu widzenia funkcjonalnego, to wyposażenie wszystkich trzech poziomów w sprawny sprzęt informatyczny połączony ze sobą bezpośrednimi magistralami sygnałowymi lub liniami transmisyjnymi.

Oprogramowanie systemu powinno opierać się na systemie operacyjnym czasu rzeczywistego.

Jeżeli w danym przedsiębiorstwie sprawnie funkcjonuje inny system informatyczny i ma pewne rezerwy mocy obliczeniowej, wówczas możliwy jest drugi wariant pracy MWS, systemem off-line. W sprzęt informatyczny wyposażony jest tylko podsystem sterowania, tj. poziom 2 i 1, natomiast skolekcjonowane dane podsystemu zarządzania MWS przetwarzane są wsadowo w innym systemie. Jest to wariant nieco ekonomiczniejszy z punktu widzenia inwestycyjnego, niemniej jednak wymaga dużych nakładów pracy przy kolekcjonowaniu danych oraz znacznie powiększa się prawdopodobieństwo wprowadzenia pomyłek.

Wszelkie inne warianty działania MWS są bardzo kłopotliwe w eksploatacji, a w niektórych sytuacjach (np. duża rotacja dóbr, duża liczba asortymentów) funkcjonowanie staje się niemożliwe, zakłócając znacznie płynność realizacji procesów produkcyjnych [7].

W zależności od rodzaju organizacji pracy w danym magazynie tworzone są dodatkowe zbiory danych. Mogą to być: zbiór paletowy, mapa magazynu, zbiory pomocnicze itp.

Projektowanie i realizacja MWS w warunkach krajowych

Projektowaniem i realizacją MWS zajmują się liczne firmy na świecie. Do bardziej znanych zalicza się FATA - Włochy, DEMAG - RFN, WESTINGHOUSE - USA, MUNK - RFN, INTRANSMASZ - Bułgaria,Węgry. W kraju nad problematyką MWS pracuje TECHMATRANS w Radomiu, ZSA w Poznaniu, MERA-ZAP w Ostrowie Wlkp, PIAP w Warszawie i in.

Krystalizują się dwa kierunki wdrażania MWS oparte na krajowym sprzęcie.

- Pierwszy z nich, to modernizacja istniejących magazynów o wysokości 6 - 10 m i instalowanie tam zautomatyzowanych podajników magazynowych (ZPM) opracowanych przez PIAP w Warszawie, a wdrażanych do produkcji w MERA-ZAP-Ostrów. Dotyczy to raczej magazynów niewielkich, często sąsiadujących bezpośrednio z liniami produkcyjnymi. Jednostką ładunkową dla tego typu magazynu jest pojemnik metalowy o wymiarach 380x270x200 mm lub 550x380x200 mm natomiast maksymalny udźwig ZPM wynosi od 60 - 100 kg.

W OBR ZSA opracowywany jest sterownik dla tego typu układnic, oparty na minikomputerze MERA-MERA-303. Konfiguracja zestawu jest następująca:

- procesor Momik 8b/100,
- drukarka DZM-180,
- czytnik - perforator taśmy papierowej,
- monitor ekranowy z klawiaturą ALFA 311M,
- pamięć kasetowa PK-01,
- urządzenie sprzężenia z obiektem Inteldigit PI,
- układ transmisji szeregowej BT-2 (dwa zestawy),
- układ dopasowujący sygnały standardu TTL do sygnałów sterujących układnicy (dwa zestawy).

Za pomocą jednego z wyżej wymienionych zestawów sterowane są dwie układnice tworzące jedną sekcję magazynu.

Pamięć kasetowa umożliwia rejestrację danych o transakcjach magazynowych, a następnie przetwarzanie ich w istniejących systemach przedsiębiorstwa lub za pomocą specjalnych programów na minikomputerze macierzystym.

Jako pulpit operatorski wykorzystano tu monitor ekranowy, co znacznie uelastycznia i poszerza zakres realizowanych czynności przez operatora sekcji, w zależności od potrzeb w danym magazynie.

Zaletą powyższego zestawu jest jego duża elastyczność z racji stosowania sprzętu programowalnego, jak również to, że kompletowanie zestawu nie wymaga nakładu środków dewizowych. Do wad zaliczyć można znaczny koszt zestawu minikomputerowego (około 3 mln zł) sterującego jedną sekcją.

- Drugim kierunkiem, o znacznie szerszym zasięgu jest budowanie nowych magazynów wysokiego składowania (o wysokości ok. 20 m) z dużym stopniem mechanizacji i automatyzacji procesu magazynowania. Zakładem wiodącym w konstruowaniu i wdrażaniu członu technologicznego MWS jest TECHMATRANS Radom-Kielce.

Dodatkowym elementem uatrakcyjniającym ofertę TECHMATRANSU są wdrażane do produkcji nowoczesne układnice o udźwigu 320 i 500 kg licencji włoskiej firmy FATA.

Jednostką ładunkową dla tego typu układnic jest "paleta uprzywilejowana" o wym. 1200x800x110 mm, co nie wyklucza stosowania innych wymiarów jednostek ładunkowych.

Sprzęt dla członu informatycznego może być bardziej zróżnicowany; jest kilka ofert od polskich wytwórców lub z krajów RWPG. W podsystemie sterowania mogą być zastosowane sterowniki:

- produkowane przez MERA-ZAP Ostrów na licencji firmy PILTZ z RFN,
- opracowane przez OBR-ZSA w Poznaniu i PIE w Warszawie z elementami LSI firmy INTEL (wdrożenie do seryjnej produkcji 1980 r.),
- K-1510 produkowane seryjnie przez firmę ROBOTRON z NRD,
- wdrażane do produkcji (koniec roku 1980) przez LRB, na bazie elementów wieloscalonych MOTOROLA - rodzina M 6800.

Dla podsystemu zarządzania bazę sprzętową może stanowić:
- minikomputer MERA-400, produkowany przez MERA-ZSM Warszawa,
- minikomputery SM-3 i SM-4 wdrażane do produkcji w Polsce i ZSRR,
- minikomputer SMC-3, SMC-10, produkowany przez Centrum Naukowo-Produkcyjne Elektroniki i Automatyki Górniczej "EMAG",
- minikomputer R-4000, produkowany przez firmę ROBOTRON z NRD,
- system SMAM, produkowany przez MERA-ELWRO Wrocław.

Ważnym problemem dla projektanta KSA jest zestawienie odpowiedniej konfiguracji sprzętu opartego na posiadanym minikomputerze, sterowniku i układnicy, wyposażonego w urządzenia peryferyjne realizujące wymagane funkcje. W Polsce i krajach RWPG istnieje wiele urządzeń peryferyjnych, często jednak o małej różnorodności w danym asortymencie. Powoduje to często projektowanie zestawu "przewymiarowanego" w stosunku do realizowanych funkcji. Dodatkowo, w sprzęcie peryferyjnym pojawiają się funkcjonalne lub technologiczne luki, wymagające jednostkowych konstrukcji urządzeń uzupełniających lub dopasowujących o rozbudowanej strukturze.

Odrębnym zagadnieniem występującym przy projektowaniu KSA jest metodologia projektowania. W OBR ZSA stosuje się proces projektowania oparty na normach RWPG, w którym wyróżnić można 4 etapy [6], tj. przedprojektowy, projektowania, realizacji, wdrażania.

Etap przedprojektowy obejmuje identyfikację obiektu i na jej podstawie opracowanie zadania technicznego (ZT) zawierającego podstawowe wymagania techniczne i organizacyjne dla KSA.

Do opracowania ZT niezbędna jest bardzo sumienna i rzeczowa analiza obiektu pod kątem wymagań KSA, na co potrzeba dużej fachowości i nakładu pracy.

Z tych przyczyn bardzo często ZT opracowane przez zleceniodawcę nie spełnia obowiązujących wymagań dla projektowania KSA [1]. W OBR ZSA praktykowane jest opracowywanie ZT wspólnie ze zleceniodawcą, co znacznie skraca czas realizacji etapu przedprojektowego.

W etapie projektowania wyróżnia się fazę projektu wstępnego i projektu techniczno-roboczego.

Projekt wstępny zawiera m.in.:
- koncepcję budowy i działania KSA w MWS,
- wstępną specyfikację sprzętu,

- obliczenie efektywności ekonomicznej przedsięwzięcia.

Zatwierdzony przez zleceniodawcę projekt wstępny stanowi podstawę do dalszych opracowań.

Projekt techniczno-roboczy zawiera wszystkie dane umożliwiające ostateczne skompletowanie sprzętu (wraz z elementami niekatalogowymi) oraz dokumentację wszystkich - przetestowanych laboratoryjnie programów. Etap realizacji obejmuje montaż urządzeń technicznych na obiekcie wg dokumentacji, z uwzględnieniem ewentualnych uzupełnień. Etap wdrażania wskazane jest rozdzielić na dwie fazy, tj. wdrożenia technicznego i wdrożenia technologicznego.

W ramach wdrożenia technicznego dokonuje się uruchomienia sprzętu i programów w warunkach rzeczywistych na "biegu jałowym" lub przy symulacji procesu technologicznego. Po uzyskaniu pozytywnych wyników prób możemy przystąpić do fazy wdrożenia technologicznego "pod obciążeniem".

Warunkiem uzyskania pozytywnego wyniku przy projektowaniu i wdrożeniu KSA w MWS jest ściśle przestrzeganie wymienionych metod postępowania, szczególnie na początku i końcu cyklu realizacji przedsięwzięcia.

Uwagi końcowe

W opracowaniu przedstawiono tylko niektóre ważniejsze zagadnienia dotyczące komputerowych systemów automatyki dla MWS, z którymi zetknęli się pracownicy OBR-ZSA podczas projektowania i realizacji tych systemów.

Bliższa analiza problemu przedstawiona jest w literaturze na ten temat.

Literatura

[1] LORECKI M., STEFANEK J., MEDYŃSKI G.: Analiza procesu realizacji, stanu i możliwości MWS w Zakładach Radiowych Kasprzaka w Warszawie. Poznań 1978 - oprac. wewnętrzne

[2] TESKI S.: Mechanizacja procesów magazynowych. Warszawa 1971

[3] LORECKI M.: Systemy automatyki magazynów wysokiego składowania (człony informatyczne magazynów). Poznań 1976 - oprac. wewnętrzne

[4] DEMAG - Fördertechnik - Regalbediengeräte

[5] FATA - Gruppo Europeo - Documentazione di prodotto

[6] LORECKI M., PLUCIŃSKI Z.: Koncepcja realizacji małych magazynów wysokiego składowania w oparciu o układnice typu ZPM. Poznań 1978 - oprac. wewnętrzne

[7] LORECKI M., STEFANEK J.: Analiza procesu realizacji stanu MWS w ZRK - Warszawa. Załącznik nr 1. Poznań 1978 - oprac. wewnętrzne.

mgr inż. Józef Szmit
Instytut Maszyn Matematycznych

Sterowanie liniami technologicznymi na przykładzie ALPG

Wstęp

W roku 1977 Instytut Maszyn Matematycznych, we współpracy z Ośrodkiem Badawczo-Rozwojowym Podstaw Technologii i Konstrukcji Maszyn "TEKOMA", podjął opracowanie koncepcji komputerowego systemu sterowania automatyczną linią produkcji gwintowników (ALPG) dla Fabryki Wyrobów Precyzyjnych im. Gen. Karola Świerczewskiego w Warszawie. Ponieważ ALPG jest typową linią technologiczną, na jej przykładzie można rozpatrzyć systemy komputerowego sterowania tą klasą obiektów.

Krótki opis ALPG

Proces produkcyjny realizowany przez ALPG przewiduje produkcję 14 wybranych asortymentów gwintowników M3 - M6 w czterech odmianach katalogowych. Ze względu na specyfikę procesu technologicznego ALPG podzielona została na cztery odcinki, rozdzielone zasobnikami buforowymi o pojemności kompensującej różnice rytmu tych odcinków. Są to:

- odcinek automatów tokarskich,
- odcinek obróbki cieplnej,
- odcinek szlifierek,
- odcinek operacji końcowych obejmujących mycie, cechowanie, kontrolę wizualną, konserwację i pakowanie.

Odcinek automatów tokarskich ALPG składa się z następujących urządzeń technologicznych:

- 2 regały, każdy po 12 półek do składowania prętów w wiązkach,
- 10 automatów tokarskich (4 x DPU-10, 6 x DPU-16) wyposażonych w automatyczne podajniki prętów, przyrządy kontrolno-pomiarowe do automatycznej kontroli wymiarowej otoczek oraz urządzenia kompensujące zużycie noża,
- taśmociąg przenoszący obrobione otoczki,
- 6 buforowych magazynków wyjściowych.

W odcinku obróbki cieplnej wykonywane są następujące operacje technologiczne:

- hartowanie w agregacie karuzelowym,
- odpuszczanie w piecach elektrodowych wydłużnych,
- mycie,
- sprawdzanie struktury (twardości) i sortowanie metodą indukcyjną (prądów wirowych),
- prostowanie.

Wymienione urządzenia technologiczne powiązane są i obsługiwane wieloma urządzeniami transportowo-manipulacyjnymi sterowanymi w sposób autonomiczny, sekwencyjny.

Odcinek szlifierek składa się z następujących urządzeń:

- 9 szlifierek do zarysu
- 3 szlifierki do zabieraka
- 9 szlifierek do rowków wiórowych
- 1 szlifierki do skośnej powierzchni natarcia
- 4 szlifierek do powierzchni przyłożenia nakroju
- 15 szlifierek do gwintu
- 3 podajniki taśmowe
- 3 manipulatory z torami
- 12 podajników szczebelkowych
- 33 podajniki wibracyjne
- 22 zasobniki wejściowe szlifierek.

Poszczególne urządzenia wyposażone są w dodatkowe urządzenia umożliwiające ich automatyczną pracę w ALPG.

Na odcinku operacji końcowych znajdują się następujące urządzenia technologiczne:

- 2 myjnie
- 2 cechowarki
- 2 stanowiska kontroli wizualnej
- pakowarka jednostkowa
- stanowisko pakowania zbiorczego
- 2 manipulatory z torami.

W zasadzie wszystkie obrabiarki i urządzenia realizujące proces technologiczny (w liczbie 69 szt.) są automatami z wyjątkiem stanowiska kontroli wizualnej i pakowania w kartony, których automatyzacja jest technicznie i ekonomicznie nieuzasadniona. Wszystkie odcinki ALPG oraz wchodzące w ich skład urządzenia produkcyjne powiązane są ze sobą systemem przenośników, zasobników i manipulatorów stanowiących układ transportowo-manipulacyjny pracujący także w cyklu automatycznym.

Cechy charakterystyczne ALPG z punktu widzenia komputerowego sterowania

- ALPG tworzy linię technologiczną złożoną z wielu specjalizowanych automatów obróbczych i urządzeń technologicznych połączonych ze sobą specjalnymi urządzeniami transportowymi i manipulacyjnymi wyposażonymi w lokalną automatykę. W związku z tym linia może działać automatycznie w określonym (krótkim) odcinku czasowym bez zewnętrznego sterowania. Dla zapewnienia synchronicznego przepływu półfabrykatów przez linię w dłuższym odcinku czasowym, ALPG musi być kontrolowana i sterowana przez komputerowy system sterowania linią (KSL).
- Przepływ półfabrykatów przez poszczególne urządzenia ulega zmianom w zależności od ustalonych planem operatywnym zadań produkcyjnych na dany okres czasowy. Ponadto w linii realizowany jest równocześnie program produkcyjny wielu asortymentów gwintowników o torach przepływu wzajemnie przeplatających się i zmiennych (przezbrajanie obrabiarek). W związku z powyższym ustalanie zadań produkcyjnych oraz śledzenie i sterowanie przepływem półfabrykatów w linii jest niemożliwe do zrealizowania tradycyjnymi metodami bez użycia komputerów.
- W ALPG w procesie sterowania i kontroli biorą znaczny udział operatorzy odcinków linii. W związku z tym sterowanie linią może odbywać się w dużym stopniu w sposób pośredni przez operatorów odcinkowych oraz dyspozytora linii. Sterowanie bezpośrednie urządzeniami produkcyjnymi może być ograniczone do niezbędnego, co uniezależnia ALPG w dużym stopniu od ewentualnej awaryjności urządzeń sterowania.
- W ALPG wyróżnione są 4 zasadnicze odcinki linii różniące się między sobą technologią procesu produkcyjnego oraz przestrzennym rozłożeniem. Każdy z odcinków linii zakończony jest buforem o odpowiedniej pojemności, przez co poszczególne odcinki technologiczne linii mają pożądaną autonomię. KSL uwzględnia tę specyfikę linii wydzielające oddzielne mikroprocesorowe układy sterowania dla każdego odcinka linii, co gwarantuje daleko idącą autonomię pracy odcinków linii, prostotę oprogramowania i możliwość ich rozbudowy. Taki podział KSL minimalizuje funkcje nakładane na poszczególne mikroprocesorowe sterowniki tylko do sterowania określoną technologią procesu specyficzną dla danego odcinka. Koordynację pracy wszystkich odcinków zapewnia minikomputerowy system nadrzędny, realizujący podstawowe zadania nałożone na KSL.

Ogólna koncepcja komputerowego kierowania pracą ALPG

Biorąc pod uwagę ww cechy charakterystyczne obiektu, zaproponowano hierarchiczną strukturę systemu kierowania pracą ALPG, złożoną z 5 funkcjonalnych poziomów (rys. 1.).

- Podsystem planowania okresowego (poziom V), ustala plany wyrobów finalnych dla określonych okresów czasu, zapewniające maksymalne wykorzystanie linii i zaspokojenie potrzeb odbiorców.
- Podsystem planowania operatywnego (poziom IV) - ustala zadania produkcyjne dla poszczególnych

urządzeń np. liczby wykonanych sztuk w określonym czasie oraz terminy przezbrojeń na inny asortyment.

- Nadrzędny system sterowania pracą ALPG w czasie rzeczywistym (poziom III) - kontroluje realizację planów produkcji opracowanych przez podsystem planowania operatywnego, śledzi przepływ półfabrykatów przez linię oraz rejestruje dane o produkcji i urządzeniach produkcyjnych.
- Sterowanie odcinkami linii (poziom II) - realizuje sterowanie w czasie rzeczywistym odcinkami linii obejmującymi od kilku do kilkunastu urządzeń produkcyjnych i transportowo-manipulacyjnych oraz zbieranie informacji z poszczególnych urządzeń produkcyjnych i przekazywanie ich do systemu nadrzędnego.
- Podstawowe układy sterowania (poziom I) realizują sterowanie poszczególnymi automatami, urządzeniami produkcyjnymi i transportowymi w reżymie autonomicznym i komputerowego sterowania.

Z punktu widzenia funkcjonalnego komputerowy system kierowania pracą ALPG dzieli się na dwie zasadnicze części:

I - podsystem planowania okresowego i podsystem planowania operatywnego tworzą system planowania (SP),

II - nadrzędny system sterowania pracą ALPG i sterowanie odcinkami linii tworzą komputerowy system sterowania linią w czasie rzeczywistym (KSL), który będzie szczegółowiej omówiony w dalszej części artykułu.

Plany okresowe

Celem planowania okresowego jest taka budowa planów produkcyjnych dla ALPG, aby zaspokoić potrzeby odbiorców oraz zapewnić maksymalne wykorzystanie linii. Przyjęto, że plany budowane będą dla następujących okresów:

- rok z podziałem na kwartały,
- kwartał (plan zaktualizowany) z podziałem na miesiące,
- miesiąc z podziałem na doby.

Plany kwartalne aktualizowane są 4 razy w roku na podstawie danych z planów kwartalnych wynikających z planu rocznego, wykonania produkcji w poprzednim okresie oraz na podstawie korekty zgłoszonej przez aparat zbytu. Te zaktualizowane plany kwartalne podawane są od razu z podziałem na plany miesięczne, a z nich wyliczane są dobowe plany produkcji.

Planowanie operatywne

Celem planów operatywnych jest ustalenie zadań produkcyjnych dla poszczególnych urządzeń produkcyjnych oraz torów przepływu dla urządzeń transportowo-manipulacyjnych. Plany te budowane będą na podstawie danych wyjściowych, którymi będą plany dobowe spływu produkcji i uwzględniać muszą wyjściowy stan nasycenia linii półfabrykatami poszczególnych stanowisk produkcyjnych wraz z ich magazynkami.

Nadrzędny system sterowania pracą całej linii za pomocą minikomputera (NS)(praca w czasie rzeczywistym)

Zadania nadrzędnego systemu sterowania pracą całej linii, działającego w czasie rzeczywistym.

- Nadzorowanie pracy linii, tj. bieżące zbieranie informacji o przepływie półfabrykatów oraz pracy urządzeń produkcyjnych i transportowych,
- Informowanie dyspozytora o odchyleniach produkcji od planu operatywnego oraz informowanie o przewidywanym wykonaniu dobowego planu spływu produkcji.
- Podejmowanie decyzji i przedstawianie ich dyspozytorowi dotyczących konieczności dokonania przezbrojeń obrabiarek i urządzeń produkcyjnych (odmiennych od przewidzianych planem) w celu uzyskania możliwie wysokiej wydajności pracy linii w sytuacji występujących zakłóceń w normal-

nej pracy. Zakres możliwych do podejmowania decyzji oraz niezbędne do tego algorytmy opracowane będą na podstawie badań symulacyjnych pracy całej linii. Należy przy tym dążyć, aby zakres ten był jak największy.

- Sygnalizowanie stanu przeciążenia linii (zahamowanie przepływu produkcji w wielu miejscach) i niemożliwości znalezienia przez poziom NS ekonomicznego rozwiązania, tj. takiego przezbrojenia obrabiarek, które zapewniłoby dostatecznie wysoką wydajność linii. Wówczas podjęte musi być działanie polegające na zbudowaniu nowego planu operatywnego, tj. ustalenie nowych "torów przepływu" produkcji dla całej linii dla tego samego planu dobowego spływu produkcji lub gdy nie da to pozytywnego rozwiązania należy dobrać inny dobowy plan spływu produkcji i ustalić dla niego nowe "tory przepływu" półfabrykatów przez linię. Po wykonaniu tego zadania dalsze sterowanie pracą linii w czasie rzeczywistym będzie oparte na nowoopracowanym planie operatywnym.
- Zbieranie danych statystycznych (zliczanie na koniec doby), które posłużą następnie do korygowania wskaźników przyjmowanych do budowy planów okresowych. Będą to następujące informacje:

- efektywny czas pracy urządzeń,
- faktyczna pracochłonność wykonywania operacji na poszczególnych asortymentach
- częstotliwość i czas przezbrojeń,
- czas zużyty na konserwację urządzeń,
- czas stracony z powodu awarii,
- czas zużyty na wymianę narzędzi,
- zużycie narzędzi i wyposażenia,
- zużycie materiałów produkcyjnych (norma materiałowa).

Sterowanie odcinkami linii za pomocą układów mikroprocesorowych (US)

Zadaniem układów mikroprocesorowych jest sterowanie w czasie rzeczywistym odcinkami linii obejmującymi od kilku do kilkunastu urządzeń produkcyjnych oraz transportowych. Ponadto układ US zbiera informacje z układów PUS (z poszczególnych urządzeń produkcyjnych) i przekazuje je do minikomputera (układ NS).

Układ US wykonuje swoje funkcje przez:

- realizowanie określonych funkcji sterowania jak np. ustalanie i wysyłanie do manipulatora dyspozycji, dotyczących pobrania półfabrykatów z jednej obrabiarki i przekazania ich do drugiej obrabiarki celem wykonania następnej operacji; półfabrykaty pobierane powinny być z magazynku tej obrabiarki, która ma najbardziej zapełniony magazynek wyjściowy;
- sterowanie autonomiczne pracą urządzeń swego odcinka w wypadku awarii układu NS (działalność ta prowadzona jest przy bezawaryjnej pracy urządzeń); awarię pewnych urządzeń w danym odcinku sygnalizuje operatorowi i do dalszego sterowania wymagany jest udział operatora;
- umożliwienie operatorowi kontaktu z systemem NS;
- obliczanie wykonanych sztuk dobrych i brakowych oraz rejestrowanie ich w pamięci przed przekazaniem na poziom NS;
- rejestrowanie postojów maszyn wraz z zaznaczeniem przyczyn i przechowywanie ich w pamięci przed przekazaniem na poziom NS.

Sterowanie poszczególnymi automatycznymi urządzeniami produkcyjnymi i transportowymi

Podstawowe układy sterowania (PUS) przeznaczone są do sterowania poszczególnymi automatycznie działającymi urządzeniami produkcyjnymi i bezpośrednio z nimi związanymi na stałe urządzeniami manipulacyjno-transportowymi i ewentualnie kontrolnymi lub do sterowania autonomicznie działającymi urządzeniami transportowo-manipulacyjnymi. Umożliwiają one również przystosowanie urządzeń do współpracy z układami sterowania odcinkami linii US. W związku z powyższym układy te obejmują:

- układ sterowania samym urządzeniem produkcyjnym,
- układy sterowania urządzeń uzupełniających,
- układ wejścia/wyjścia do układu US.

Z układu PUS wysyłane są na poziom US informacje dotyczące:

- liczby wykonanych sztuk dobrych,

- liczby sztuk brakowych,
- zatrzymania urządzenia z powodu wykonywania produkcji brakowej,
- zatrzymania urządzenia z powodu awarii,
- potrzeby załadowania magazynka wejściowego,
- zapełniania magazynka wyjściowego,
- opróżnienia magazynka wejściowego,
- zatrzymania urządzenia z powodu braku półfabrykatów.

Do układów PUS z poziomu US wysyłane są informacje bądź sygnały sterujące, które dotyczą:

- pobierania i przekazywania partii półfabrykatów przez manipulator z jednej obrabiarki na drugą,
- zatrzymania pracy urządzenia produkcyjnego,
- możliwości uruchomienia urządzenia produkcyjnego,
- informacji o potrzebie mającego nastąpić przezbrojenia.

Układy PUS wyposażone są we własne liczniki do liczenia wykonywanych sztuk dobrych i brakowych, co pozwala na odtwarzanie stanu półfabrykatów w linii po awarii układów US.

Sprzężenia poszczególnych poziomów komputerowego hierarchicznego systemu kierowania

Poszczególne poziomy komputerowego systemu kierowania linią łączą się ze sobą na zasadzie "on line" z wyjątkiem poziomu III z IV i V, gdzie czasowo przewidywano zastosowanie nośnika informacji na taśmie magnetycznej lub papierowej. Zadania produkcyjne są przekazywane na stanowiska robocze w sposób bezpośredni za pomocą sieci sprzężeń KSL z obiektem oraz pośrednio przez monitory ekranowe do operatorów odcinkowych. Dyspozytor linii posiada pełną informację o zadaniach planowych i stanie linii na wydruku z monitora typu KSR 180. Dodatkowo dyspozytor posiada bezpośrednią informację wizualną pracy linii na tablicy synoptycznej oraz łączność z operatorami za pomocą sieci telefonicznej.

Realizacja techniczna KSL

Wyboru elementów sprzętowych i oprogramowania wchodzących w skład KSL dokonano wg poniższych zasad.

- Możliwie maksymalne wykorzystanie standardowych elementów sprzętu i oprogramowania dostępnego w kraju.
- Dobry poziom nowoczesności sprzętu zapewniający perspektywy realizacji systemu nawet w początku lat osiemdziesiątych serwis, dostawy części zamiennych i możliwość ewentualnej rozbudowy i modernizacji.
- Modularność sprzętu i oprogramowania oraz hierarchiczna struktura systemu powinna gwarantować możliwość rozbudowy i modernizacji KSL w czasie eksploatacji oraz umożliwiać adaptację projektu całości systemu, bądź jego fragmentów do sterowania podobnymi procesami produkcyjnymi w innych zakładach przemysłu maszynowego.
- Rzeczywista minimalizacja kosztu importu sprzętu z obszaru II strefy płatniczej z równoczesnym zapewnieniem, że importowane elementy KSL warunkujące jego nowoczesność przewidziane są do szybkiego wdrożenia w kraju,
- Istnienie narzędzi programowych ułatwiających tworzenie programów źródłowych i uzyskiwanie programów wynikowych (standardowe języki, translatory, debagery, symulatory i biblioteki programów arytmetycznych itp.).

W wyniku przeprowadzonej wg powyższych zasad analizy wybrano następujące elementy sprzętu i oprogramowania.

- Poziom planowania produkcji

Zestaw komputerowy ODRA 1305 należący do wyposażenia Ośrodka Obliczeniowego KPN "VIS".

- Poziom nadrzędny

  Zestaw minikomputerowy MERA-400 z systemem operacyjnym SOM-3 wyposażony w odpowiedni komplet urządzeń peryferyjnych (w tym dysk MERA 9425).

- Poziom US

  Kaseta autonomiczna CAMAC ze sterownikiem mikroprocesorowym (INTEL 8080) wraz z zestawem odpowiednich standardowych bloków CAMAC dla bezpośredniego sprzężenia z PUS. Oprogramowanie podstawowe - system operacyjny o charakterze uniwersalnym identycznym dla każdego odcinku (US) znajduje się w pamięci półprzewodnikowej typu PROM. Programy użytkowe różne w każdym US umieszczone są również w pamięci typu PROM.

- Pulpity operatorskie i dyspozytora, tablica synoptyczna

  Pulpity operatorskie, dyspozytora i tablica synoptyczna wchodzą w skład systemu sterowania linią ALPG i służą do bezpośredniej kontroli działania systemu i wprowadzania niezbędnych korekt nie objętych programem sterowania w czasie normalnej pracy systemu, a szczególnie w sytuacjach awaryjnych. W systemie występują: jeden pulpit dyspozytora, jedna tablica synoptyczna oraz tylo pulpitów operatorskich ile układów US.

Pulpit dyspozytora. Dyspozytor za pomocą pulpitu centralnie zarządza pracą całego systemu, a w sytuacjach awaryjnych do niego należy podejmowanie decyzji o zmianach w konfiguracji systemu. Pulpit dyspozytora składa się z następujących podzespołów: centralki telefonicznej, monitora dyspozytorskiego typu KSR 180, płyty przełączników.

Centralka telefoniczna. Centralka telefoniczna typu dyspozytorskiego umożliwia dyspozytorowi łączność z operatorami odcinków, magazynami materiałów, magazynem wyrobów gotowych, operatorem minikomputera, zakładowym ośrodkiem przetwarzania danych. W czasie sterowania linią ALPG dyspozytor w dowolnej chwili może nawiązać łączność z operatorami i zażądać (telefonicznie) dodatkowych informacji niezbędnych do sterowania lub wyjaśniających stany awaryjne albo wydać niezbędne polecenie.

Monitor dyspozytorski. Funkcję monitora dyspozytorskiego spełnia drukarka mozaikowa z klawiaturą alfanumeryczną typu KSR-180. W warunkach normalnej pracy systemu monitor umożliwia dyspozytorowi dwustronną komunikację z KSL na poziomie minikomputera w trybie pytanie-odpowiedź z zapewnieniem bieżącej dokumentacji współpracy. Dyspozytor za pośrednictwem monitora może żądać od KSL określonych informacji o aktualnym stanie urządzeń linii i stanie procesu produkcyjnego oraz wydawać polecenia do operatorów odcinkowych np. typu: wyłącz, włącz. Od KSL dyspozytor otrzymuje: odpowiedzi na uprzednie pytanie, meldunki alarmowe o niesprawnościach urządzeń linii oraz żądania przez KSL decyzji dyspozytora w sytuacjach przewidzianych programem sterowania linią. W warunkach awarii minikomputera monitor dyspozytorski umożliwia dwukierunkową komunikację z wybranym przez dyspozytora US również w trybie pytanie-odpowiedź i z rejestracją bieżącej dokumentacji. Wówczas należy dokonać modyfikacji sprzężeń z US, do czego służą przełączniki na pulpicie dyspozytora. W przypadku urządzenia US, minikomputer przejmuje obsługę programową monitora operatorskiego z uszkodzonego US zapewniając identyczną konwersację jak przy normalnej pracy. Monitor KSR-180 przy minikomputerze dla dyspozytora jest drukarką służącą do wydawania sprawozdań zmianowych i dobowych oraz wydruków z zadaniami dla operatorów otrzymuje je za pośrednictwem operatora minikomputera .

Pulpit operatorski. Pulpit operatorski składa się z następujących podzespołów: monitor ekranowy,wy, przełącznik monitor - US, urządzenie sygnalizacyjne.

Monitor ekranowy. Monitor ekranowy typu VIDEOTON 340 służy do dwustronnej współpracy operatora z KSL. Przekazywane z KSL polecenia dla operatora są wyświetlane na ekranie monitora. Przyjęte przez operatora polecenie kwituje się za pomocą klawiatury monitora.

Przełącznik monitor - US. Przełącznik monitor - US służy do przełączania linii sprzęgającej minikomputer z US bezpośrednio na monitor operatorski na wypadek awarii US.

Urządzenie sygnalizacyjne. Urządzenie sygnalizacyjne jest to sygnalizator optyczny lub/i sygnali-

zator dźwiękowy o pracy ciągłej lub przerywanej. Zadaniem jego jest informowanie operatora, że jedno z poleceń nie zostało przyjęte.

Tablica synoptyczna. Tablica synoptyczna jest to schematyczny obraz linii ALPG, na którym stan każdego urządzenia linii jest odwzorowany za pomocą dwóch lampek: zielonej PRACA i czerwonej ALARM oraz wskaźnika cyfrowego (2-pozycyjnego) ASORTYMENT. Lampki zielona i czerwona sygnalizują pracę urządzenia: zielona - pracuje, czerwona - alarm, a wskaźnik cyfrowy informuje o rodzaju asortymentu wytwarzanego przez dane urządzenie oraz o sytuacjach planowego przestoju. Elementy tablicy synoptycznej sterowane są bezpośrednio z obiektu, co pozwala dyspozytorowi zawsze mieć aktualną informację o stanie obiektu niezależnie od stanu komputerowego systemu sterowania. W czasie sterowania linii za pomocą KSL, dyspozytor mając przed sobą tablicę synoptyczną może do pewnego stopnia kontrolować pracę systemu. W czasie awarii systemu tablica staje się dla dyspozytora źródłem podstawowej informacji o pracy linii.

Sposób komunikowania się KSL z operatorem i operatora z KSL

Przekazywane z KSL polecenia dla operatora są wyświetlane na ekranie monitora. Polecenie przyjęte przez operatora do realizacji musi być przez operatora w odpowiedni sposób potwierdzone (za pomocą klawiatury monitora). KSL przyjęcie polecenia do realizacji uwidoczni na ekranie monitora przez opatrzenie tegoż polecenia odpowiednim indeksem. Wykonanie polecenia jest sygnalizowane systemowi (zależnie od rodzaju polecenia) meldunkiem przekazywanym przez operatora. W określonych sytuacjach meldunek poprzedzi sygnał z obsługiwanego urządzenia. Po otrzymaniu informacji o zrealizowaniu polecenia KSL skreśla (wymazuje) z ekranu dane polecenie. Gdy z jakiegoś powodu polecenie nie może być zrealizowane operator nadaje (z klawiatury) do KSL odpowiedni komunikat i czeka na zmianę polecenia bądź decyzję wydaną przez dyspozytora. KSL - znając liczbę obsługujących - wydaje polecenie realnie możliwe do wykonania. Polecenia są zawsze przekazywane operatorowi, a on może zlecić wykonanie odpowiednich czynności obsłudze pomocniczej. Sygnalizator przy pulpicie jest zapalony, gdy co najmniej jedno polecenie nie jest przyjęto, oznacza to, że operator powinien przyjść do pulpitu. Konieczność natychmiastowego przybycia operatora do pulpitu jest sygnalizowana przez KSL dodatkowym sygnałem powodującym miganie sygnalizatora lub/i sygnał akustyczny. Kolejność przyjmowania poleceń z KSL określa system.

Przebieg procesu produkcyjnego w reżimie komputerowego sterowania

Start na początku doby. Jako stan wyjściowy na początku doby przyjmuje się:

- KSL i poszczególne jego poziomy mają konieczne dane o zadaniach dziennych i stanie wyjściowym odcinka,
- operator posiada odpowiedni dokument o planie pracy odcinka w danym dniu, m.in. dokument wyznacza grupę automatów i urządzeń technologicznych, których uzbrojenie jest zgodne z zadaniami planu i które mogą być włączone do pracy bez czynności przygotowawczych wymagających dłuższego czasu,
- wszystkie sterowalne urządzenia odcinka znajdują się w reżimie sterowania lokalnego.

Operator włącza i sprawdza pomocnicze urządzenia, jak taśmociąg, manipulator, zasobniki itp. Następnie przygotowuje do pracy wymienioną w dokumencie grupę automatów. W tym celu kolejno sprawdza stan automatów z punktu widzenia zgodności z dokumentem, dokonuje czynności przygotowawczych (karta technologiczna) i przełącza przełącznik w położenie ZGODA (do KSL wysyłany jest sygnał SPRAWNY). Po przygotowaniu w ten sposób wyznaczonej grupy automatów, operator przekazuje do KSL meldunek o zrealizowaniu zleconego dokumentem polecenia. Gdy automat nie może być włączony do pracy w meldunku podana będzie przyczyna. Na podstawie tego meldunku (oraz meldunków z innych odcinków) dyspozytor podejmuje decyzję o włączeniu (starcie) linii, odcinka i przekazuje ją do KSL. Z kolei KSL wysyła sygnały START-SYS. do automatów wg zasad ustalonych programem*. Po przesłaniu

---

* Ze względu np. na obciążenie sieci zasilającej może być konieczne kolejne, z odpowiednim odstępem czasu, włączanie urządzeń.

meldunku operator oczekuje na dalsze polecenia z KSL. Przyjmuje się, że KSL z kolei zleci operatorowi przygotowanie do startu tych automatów, które są odpowiednio uzbrojone, a nie posiadają zapasu półfabrykatów, a na końcu automatów wymagających przezbrojenia. Ten tryb włączania (startu) pozwala na najszybszy start tych automatów, które są "najlepiej" do tego przygotowane.

Przebieg procesu produkcyjnego

W reżimie sterowania "SYSTEM" proces produkcyjny linii przebiega automatycznie i tylko w sytuacjach szczególnych konieczny jest udział obsługi. Do podstawowych zadań operatorów w trakcie produkcji należą:

- wykonywanie poleceń z KSL i meldowanie o ich wykonaniu do KSL, a w szczególności:
  - uzbrajanie przezbrajanie automatów na produkcję określonego asortymentu otoczek,
  - załadowywanie magazynka automatu określonymi prętami,
  - analiza i ewentualnie usuwanie przyczyn, które spowodowały zatrzymanie się automatu lub innego urządzenia (przesłanie do KSL meldunku o przyczynie zatrzymania),
- stały nadzór nad pracą odcinka, wykrywanie sytuacji zakłócających (lub mogących zakłócić) normalny tok produkcji i ewentualnie usuwanie przyczyn oraz zawiadamianie o tym KSL,
- zbieranie i przekazywanie do KSL określonych danych do raportów dziennych.

Przyjmuje się, że w trakcie produkcji automat/y może być zatrzymany:

- z inicjatywy KSL przez wysłanie sygnału STOP-SYS i powiadomienie operatora (o ile automat znajdował się w reżimie sterowania z KSL),
- z inicjatywy operatora za pomocą przycisku STOP-OP., po uprzednim przełączeniu przełącznika w pozycji NIEZGODA, z obowiązkiem powiadomienia KSL o przyczynie zatrzymania automatu.

W czasie produkcji KSL wykrywa i odpowiednio reaguje na sytuacje określone zbiorem sygnałów oraz zbiorem komunikatów i meldunków przekazywanych przez operatora. Przyjmuje się, że w trakcie dnia mogą być zgłoszone przez operatora do pracy automaty, które naprawiono lub zakończono ich konserwację.

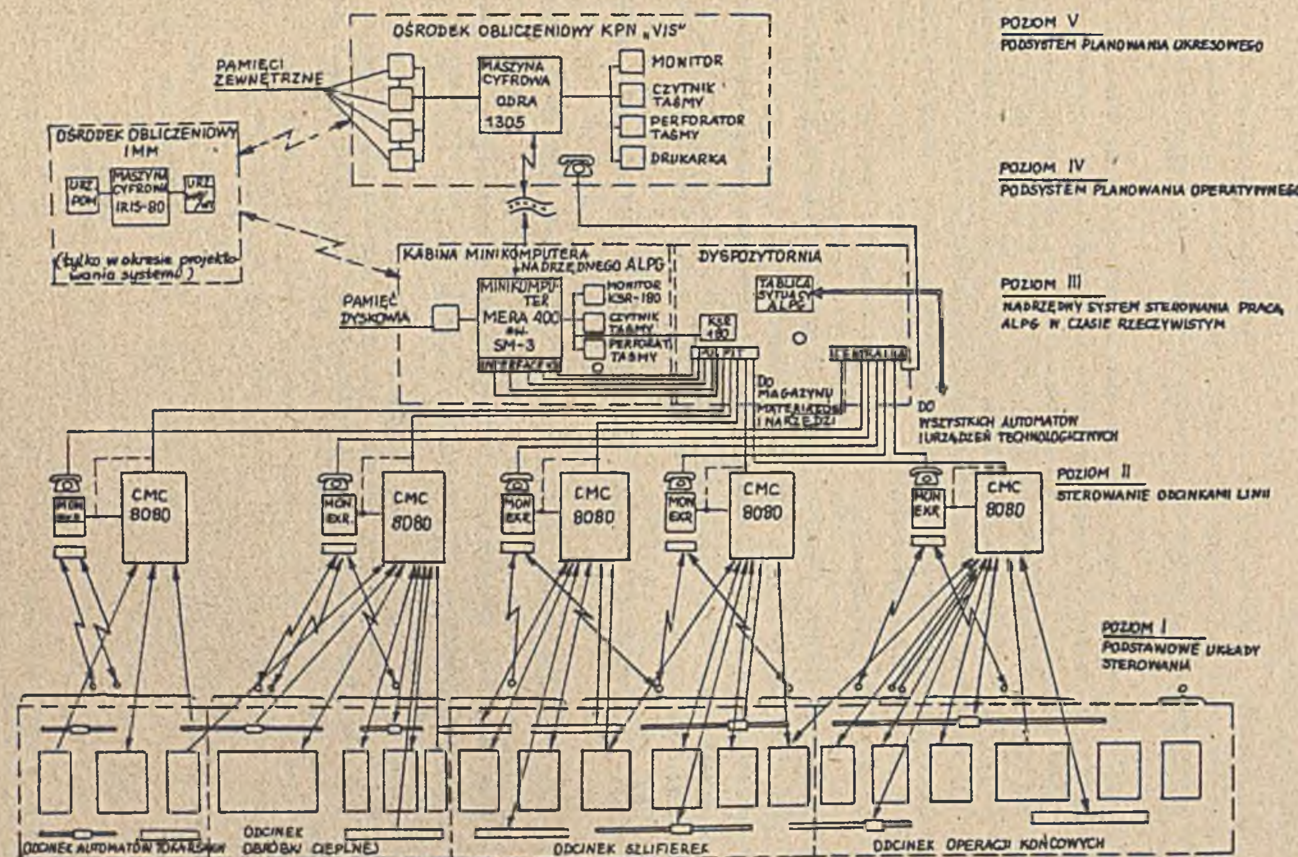
Zatrzymanie na końcu doby (dnia pracy)

Zakłada się, że koniec dnia pracy będzie sygnalizowany do KSL przez dyspozytora i KSL rozpocznie wyłączanie automatów odcinka oraz wyda operatorowi w odpowiednim czasie polecenie wyłączenia urządzeń pomocniczych taśmociągu itp. Po zatrzymaniu (wyłączeniu odcinka) operator przekazuje do KSL konieczne dane do raportu z pracy odcinka.

Sytuacje awaryjne

Przewiduje się możliwość pracy linii ALPG i KSL w pewnych sytuacjach awaryjnych.

- Konieczność wyłączenia z pracy w linii (odcinka) któregoś z automatów. Konieczność tę zgłasza operator po dokonaniu analizy stanu tego automatu i stwierdzeniu, że przerwa na usunięcie awarii wymaga dłuższego czasu. Przerwy krótkie nie powodują zgłaszania do wyłączenia automatu. Decyzję, czy celowa jest i w jakim momencie zmiana asortymentu w pozostałych automatach podejmuje KSL (dotyczy przerw dłuższych). Ponowne włączenie automatu następuje po wprowadzeniu do KSL danych o jego stanie i stanie produkcji (dotyczy przerw dłuższych).
- Uszkodzenie bądź zakłócenia w torach transmisyjnych sygnałów sterujących i informacyjnych przekazywanych między KSL i automatem.
  Do czasu usunięcia uszkodzenia automat zostaje przestawiony na reżim sterowania LOKALNEGO, o czym jest powiadomiony KSL. Dane o ważniejszych zdarzeniach w tym automacie są wprowadzane do KSL przez operatora i KSL kieruje pracą operatora w dotychczasowym trybie. Włączenie automatu (przejście na reżim sterowania z KSL) następuje po wprowadzeniu danych o jego stanie i stanie produkcji do KSL przez operatora i wykonaniu innych czynności - RESTARTU.
- Uszkodzenie na poziomie US.
  Wszystkie urządzenia odcinka są przestawione na reżim sterowania LOKALNEGO. Komunikacja opera-



Schemat blokowy komputerowego systemu kierowania pracą ALPG

tora z KSL odbywa się za pośrednictwem monitora ekranowego po dokonaniu odpowiednich przełączeń:

- na poziomie US przełącza się linię sprzęgającą minikomputer z uszkodzonym US bezpośrednio na operatorski monitor ekranowy;
- na poziomie minikomputera przełącza się tę linię na rezerwową JS - V24 ustawioną na transmisję z szybkością 600 bodów; minikomputer przejmuje wówczas obsługę programową monitora operatorskiego z uszkodzonego US zapewniając identyczną konwersację jak w czasie normalnej pracy.

Komunikacja operator - dyspozytor odbywa się normalnie za pośrednictwem telefonu. Ponadto zapewnione jest jednokierunkowe przekazywanie najważniejszych informacji o urządzeniach odcinka (czy produkuje i jaki asortyment) za pomocą bezpośrednich linii przekazujących powyższe informacje z poziomu PUS na tablicę synoptyczną dyspozytora. Funkcje poziomu US (w ograniczonym zakresie) wówczas przejmuje poziom NS. Dane o toku produkcji i ważniejszych zdarzeniach są wprowadzone do KSL przez operatora za pośrednictwem monitora operatorskiego. Ponowne włączenie poziomu US wymaga wprowadzenia do niego przez obsługę danych o stanie urządzeń odcinka i produkcji w toku i innych czynności RESTARTU.

- Uszkodzenie na poziomie NS (minikomputera).

Funkcje poziomu NS (w ograniczonym zakresie) przejmuje dyspozytor (wraz z obsługą dyspozytorni). Dokonać należy wówczas modyfikacji w systemie jak niżej:

poziom US - przełączyć JS transmisją szeregową w sterownikach na szybkość 600 bodów;

poziom minikomputera - za pomocą przełączników na pulpicie dyspozytora odłączyć linie sprzęgające US od minikomputera.

Dla przesłania informacji z US do dyspozytora (na jego żądanie) możliwy jest wówczas następujący tryb pracy:

dyspozytor nawiązuje telefonicznie kontakt z operatorem żądając określonych informacji z US,

dyspozytor przełącza monitor KSR-180 (na pulpicie) na linię sprzęgającą dany US,

operator wywołuje w US odpowiedni program, który powoduje wysłanie żądanych informacji do dyspozytorskiego monitora KSR-180.

Dla przesłania informacji lub poleceń do US tryb podobny. W wypadku gdy inicjatywa transmisji wychodzi od operatora uprzedza on telefonicznie dyspozytora, który musi wówczas połączyć linie sprzęgające dany US z KSR-180.

Biuletyn Informacyjny OBIEKTOWE SYSTEMY KOMPUTEROWE 1-6/78

mgr inż. Krzysztof WASIEK
OBR Technik Komputerowych i Pomiarów

MERA CNC/NUCON 400
- nowoczesny system numerycznego sterowania obrabiarkami

Wstęp

W opracowaniu przedstawiamy nowoczesny minikomputerowy system sterowania numerycznego obrabiarkami MERA CNC/NUCON 400, wdrażany do produkcji w Centrum Naukowo-Produkcyjnym Technik Komputerowych i Pomiarów na podstawie licencji firmy ASEA ze Szwecji.

Sterowanie numeryczne oznacza automatyczną pracę obrabiarki, a więc automatyczną obróbkę skrawaniem, zgodnie z instrukcjami zakodowanymi w sposób cyfrowy. Instrukcje te sterują położeniem narzędzi i drogą skrawania w obrabianym przedmiocie, w tym m.in. wartością i kierunkiem przesunięć, wartością i kierunkiem obrotów, rodzajami funkcji itp. Typowy klasyczny układ sterowniczy, tzw. NC otrzymuje instrukcje zakodowane na ośmiościeżkowej taśmie perforowanej i przesyła je do obrabiarki w postaci sygnałów elektrycznych. Najczęściej układ sterowniczy wyposażony jest również w pamięć, w której magazynowane są informacje odczytane i przesłane z czytnika. Realizacja zadań odbywa się według określonej kolejności charakterystycznej dla danego urządzenia sterowania numerycznego. Ich wykonanie jest kontrolowane i potwierdzane przez przesłanie do układu sterowniczego informacji w postaci odpowiednich sygnałów elektrycznych. Potwierdzenie wykonania wszystkich kontrolowanych czynności opisanych przez fragment programu jest jednocześnie zgłoszeniem gotowości realizacji dalszego etapu obróbki.

Pojawienie się minikomputerów, a w ostatnich latach mikrokomputerów, których podstawę stanowi mikroprocesor, pozwoliło konstruować i budować systemy sterowania numerycznego typu CNC, w których minikomputer stanowi integralną część układu sterowania i wykorzystywany jest do sterowania pracą jednej obrabiarki, oraz systemy typu DNC, w których maszyna cyfrowa nie jest integralną częścią układu sterowania, a służy do dystrybucji instrukcji opisujących obróbkę poszczególnych detali dla kilku lub kilkunastu układów sterowania typu NC lub CNC jednocześnie.

Wśród systemów typu CNC wyróżnia się systemy I generacji, w których sterujący minikomputer jest najczęściej minikomputerem uniwersalnym, skonstruowanym na układach scalonych TTL małej i co najwyżej średniej skali integracji, oraz systemy II generacji, w których wykorzystuje się najnowsze technologie i najnowocześniejszą bazę elementową, jak np. układy scalone TTL i MOS o średniej i dużej skali integracji, a konstrukcja układu sterowania oparta jest na mikroprocesorze.
Takim właśnie systemem CNC II generacji jest system NUCON 400 produkcji szwedzkiej firmy ASEA, który pod nazwą MERA CNC/NUCON 400 produkowany jest w CNPTKiP.

Obszar zastosowań systemu MERA CNC/NUCON 400

System MERA CNC/NUCON 400, umożliwiający sterowanie skrawaniem zarówno punktowo-odcinkowym, jak i obróbką kształtową charakteryzuje się nowoczesną modularną organizacją logiczną i konstrukcyjną. Przeznaczony jest do sterowania obrabiarkami różnego typu, jak wiertarki, tokarki, frezarki, centra obróbkowe itp. W odróżnieniu od klasycznych układów sterowania klasy NC system MERA CNC/NUCON 400 nie może być traktowany jako ściśle jeden wyrób o zamkniętej strukturze. W zależności bowiem od wymagań stawianych przez odbiorcę - producenta obrabiarki - konfigurowany jest system bazowy, wyposażony następnie w odpowiednie moduły opcjonalne dobierane z szerokiej listy modułów, wchodzących w skład szeroko pojętego systemu MERA CNC/NUCON 400.

Skonfigurowany w ten sposób sprzęt wyposażony w odpowiedni program sterujący i program interfejsowy stanowi wersję systemu MERA CNC/NUCON 400 dopasowaną do określonego typu obrabiarki. Uwzględnione są tu w szczególności takie elementy jak:

- typ obrabiarki (tokarka, wiertarka, frezarka, centrum obróbkowe itp.),
- wyposażenie obrabiarki (liczba sterowanych osi, rodzaje silników napędów posuwu i napędu głównego, typ serwonapędów, elementy pomiarowe, magazyn narzędzi itp.),
- wymagania technologiczne obróbki (rodzaje pozycjonowania, rodzaje interpolacji, rodzaje wymaganych korekcji narzędzia, wybór stałych cykli obróbki, rodzaje programowania posuwów itp.),
- wymagania eksploatacyjne (rodzaj sprzężenia z obrabiarką, rodzaj układów sterowania napędami, wyposażenie w dodatkowe pulpity, wyposażenie w dodatkowe urządzenia takie, jak perforator taśmy, monitor ekranowy itp.).

Aktualny stan opracowań wersji programów sterujących pozwala na wytwarzanie i dostawy układu MERA CNC/NUCON 400 dla następujących grup obrabiarek:

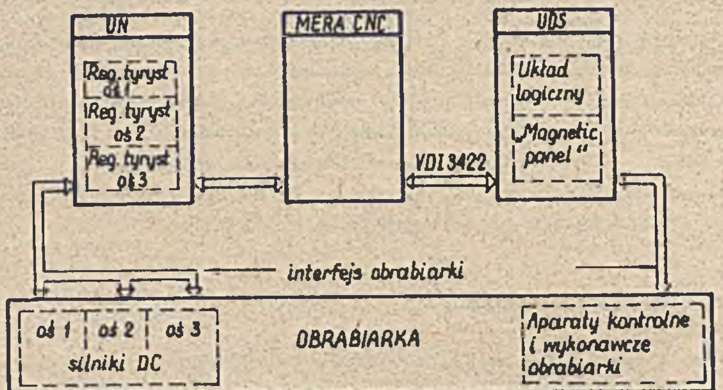
- tokarki kłowe, uchwytowe i pionowe, w tym tokarki z dwoma niezależnie sterowanymi suportami (2 + 2 osie),
- frezarki,
- wiertarki,
- wiertarko-frezarki,
- centra obróbkowe tokarskie i wiertarsko-frezerskie.

Oprogramowanie to jest oczywiście stale rozszerzane.

Warianty sprzęgania MERA CNC/NUCON 400 z obrabiarkami

System MERA CNC/NUCON 400 może być podłączony do obrabiarki w dwojaki sposób:
- za pomocą sprzężenia standardowego wg normy VDI 3422,
- za pomocą sprzężenia bezpośredniego.

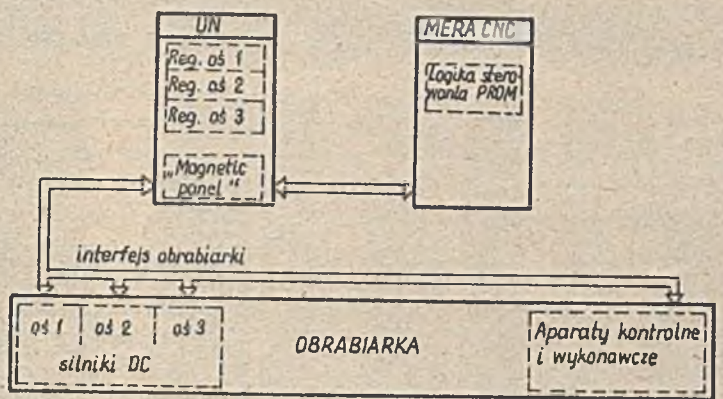
- Sprzężenie standardowe wg VDI 3422 jest definiowane określonym kodowanym zbiorem sygnałów sterujących urządzeniami obrabiarki, realizujących zaprogramowane funkcje maszyny. Standardowy poziom sygnałów sterujących wynosi 24V, 100 mA. Wariant ten umożliwia produkowanie układów MERA CNC/NUCON 400 maksymalnie zestandaryzowanych i sprzedaż ich na zasadach OEM. Wymaga to jednak opracowania i wykonania przez producenta obrabiarki rozbudowanego układu dopasowującego (UDS) zawierającego część logiczną sterowania i zbiór aparatów bezpośrednio sterujących tzw. "panel magnetyczny". Poglądowy schemat systemu OSN dla tego wariantu przedstawiony jest na rys. 1.



Rys. 1. System OSN w sprzężeniu standardowym VDI 3422

- Sprzężenie bezpośrednie polega na bezpośrednim wysterowaniu urządzeń wykonawczych obrabiarki przez sygnały z wyjść cyfrowych układu MERA CNC/NUCON 400 z ewentualnym dopasowaniem elektrycznym w bloku "panelu magnetycznego" znajdującym się poza układem. Poziom sygnałów sterujących wynosi tu 24V, 4A. W tym rozwiązaniu zależności logiczno-czasowe sterowania realizowane są na drodze programowej przez specjalny program interfejsowy wprowadzany do pamięci typu PROM. Każdy nowy typ obrabiarki wymaga tu opracowania nowego własnego programu interfejsowego.

Poglądowy schemat systemu OSN dla wariantu sprzężenia bezpośredniego przedstawiony jest na rys. 2.



Rys. 2. System OSN w sprzężeniu bezpośrednim

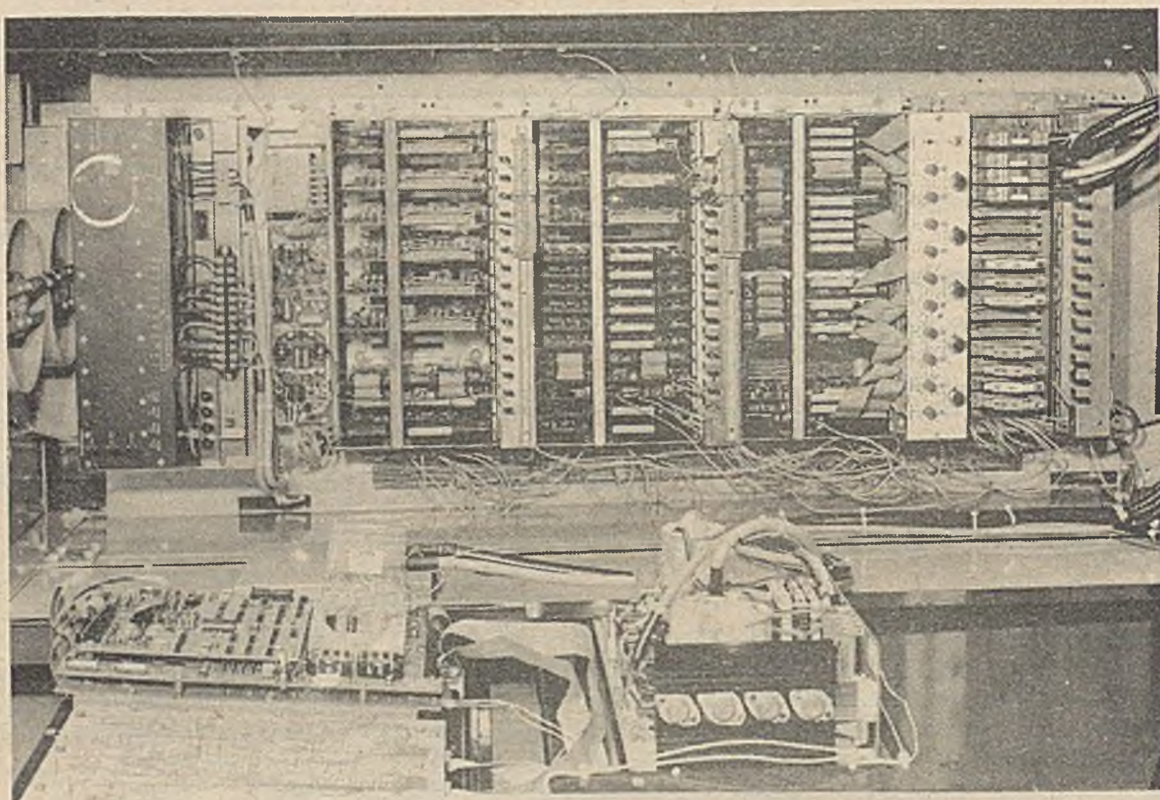
Charakterystyka konstrukcyjna i organizacja logiczna systemu MERA CNC/NUCON 400

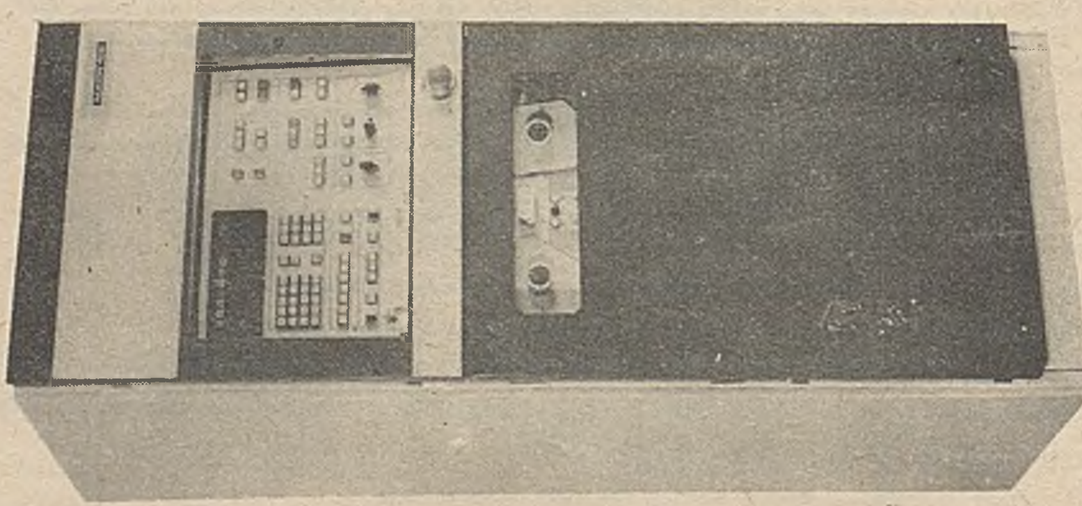
MERA CNC/NUCON 400 jest zbiorem modułów funkcjonalnych,przy czym na moduł składają się 1,2 lub 3 pakiety elektroniczne o wymiarach 203 x 203 mm zaopatrzone w złącze krawędziowe 55-stykowe. Moduły umieszczano są w kasetach i przez złącze połączone są ze standardowymi szynami prowadzonymi metodą druku na tylnej płycie kasety (eliminuje to całkowicie kablowanie w ramach kasety). Zespół kaset, zasilacze i podłączenia kabli zewnętrznych montowane są w standardowej szafie, na jej ścianie przedniej umieszczone są: pulpit danych i pulpit sterujący oraz czytnik taśmy. Konstrukcja szafy zapewnia chłodzenie wymuszone w obiegu zamkniętym oraz odpowiednią szczelność. Rysunki 3 i 4 przedstawiają szafę MERA CNC/NUCON 400.

W każdej wersji systemu MERA CNC/NUCON 400 stosowany jest pewien minimalny niezbędny zbiór modułów stanowiący tzw. system bazowy, umożliwiający proste pozycjonowanie, ewentualnie sterowanie odcinkowe z regulowaną prędkością posuwu dla dwóch osi sterowanych serwojednostką napędową. W skład systemu bazowego wchodzi moduł jednostki centralnej czyli centralnego procesora z mikroprocesorem typu INTEL 8080A, półprzewodnikowa pamięć typu EPROM i R/W (RAM), wejścia cyfrowe z optoizolacją, wyjścia cyfrowe o różnych parametrach elektrycznych, moduł sterujący czytnika / perforatora, moduł współpracy z pulpitami, moduły sterowania dwoma osiami, rewersyjny czytnik taśmy 8-ścieżkowej, itp. Finalną konfigurację systemu tworzy się przez uzupełnienie systemu bazowego o moduły opcjonalne, których zbiór zawiera m.in.:

- moduł specjalnego mikroprogramowanego 24-bitowego przelicznika wspomagającego jednostkę centralną w razie konieczności dokonywania szybkich obliczeń związanych np. z programowaniem konturów, kompensacją promienia narzędzia, programowania stałej szybkości skrawania itp.;
- moduł interpolatora stanowiący specjalizowany mikroprogramowany 16-bitowy przelicznik parametrów interpolacji;
- moduły rozszerzające pojemność pamięci EPROM (po 4 k) i RAM (po 16 k);
- moduł gwintowania,realizujący funkcje gwintowania ze stałym i zmiennym skokiem;
- dodatkowe moduły wyjść cyfrowych rozszerzające zakres realizowanych funkcji M,S i T;
- moduły sterowania dla 3, 4 i 5 osi sterowanej numerycznie;
- moduł sterowania ciągłego,wrzecionem;
- kasety z układami zasilania i wzmacniaczami dla skal induktosynów;
- perforator.

Schemat blokowy systemu MERA CNC/NUCON 400 zawierający moduły systemu bazowego oraz moduły opcjo-





Rys. 3 i 4. MERA CNC/NUJCON 400

nalne przedstawiony jest na rys.5.

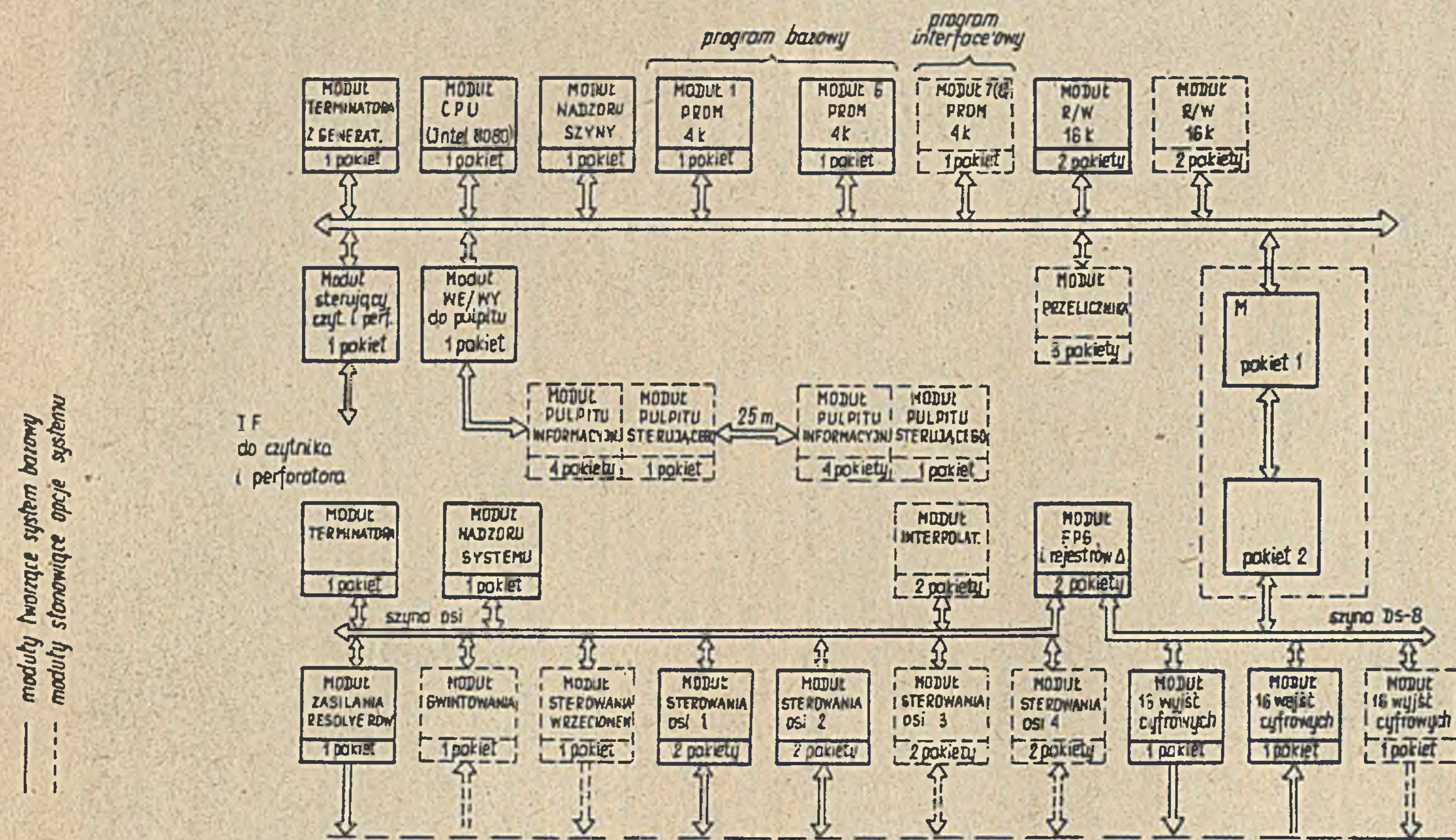
Przetwarzanie danych w systemie obejmuje przesyłanie danych między różnymi modułami oraz niezbędne obliczenia. Podłączenie wszystkich modułów do szyny danych pozwala na operowanie danymi w sposób standardowy. Szyna podzielona jest na dwie części połączone konwerterem szyny. Podział szyny jest wynikiem tego, że funkcje związane ze sterowaniem osiami wymagają liczby i rodzajów sygnałów odmiennych od sygnałów występujących na głównej szynie.

Organizacja szyny danych umożliwia jednostce centralnej prowadzenie transmisji asynchronicznej z pozostałymi jednostkami systemu oraz transmisji synchronicznej lub asynchronicznej z pamięcią operacyjną. Jednostka centralna przyjmuje przerwania pochodzące zarówno z jednostek samego systemu, jak i z podłączonych do niego urządzeń zewnętrznych, na sześciu priorytetowych poziomach sprzętowych. System operacyjny jednostki centralnej, umieszczony w pamięci typu PROM, umożliwia działanie wszystkich programów sterujących, które również znajdują się w pamięci PROM w czasie rzeczywistym na sześciu poziomach programowych. Część pamięci typu R/W (RAM) przeznaczona jest do budowania stosu oraz tablic zmiennych dla systemu operacyjnego i programów sterujących, a w pozostałej części przechowywane są programy i podprogramy obróbki oraz wszelkie wartości korekcyjne i kompensacyjne.

Zasada działania systemu

Proces wytwarzania detalu na obrabiarce sterowanej numerycznie dzieli się na pewne fazy. Jedną z takich faz może być np. obróbka powierzchniowa, którą można opisać prostoliniowymi lub kołowymi ruchami narzędzia. Fazą może być również zmiana stanu obrabiarki polegająca np. na zmianie narzędzia, start lub zatrzymanie wrzeciona itp. Wszystkie kolejne fazy opisane są w programie roboczym czyli programie obróbki technologicznej, w którym każdej z nich odpowiada jeden blok programu. Program ten przenoszony jest na taśmę papierową i w tej formie przechowywany.

Po umieszczeniu taśmy perforowanej w czytniku taśmy i wciśnięciu na pulpicie przycisku inicjującego wykonanie programu, komputer rozpoczyna przesyłanie programu obróbki z taśmy papierowej blok po bloku do pamięci RAM. Natychmiast po wczytaniu pierwszego bloku rozpoczynają się żądane przez ten blok obliczenia. W ten sposób informacja o drodze i szybkości skrawania przetwarzana jest na postać odpowiednią dla modułów sterujących bezpośrednio ruchami poszczególnych osi. Dokonywana jest również korekcja szybkości oraz kompensacje odchyłek wymiarów narzędzia między wymiarami rzeczywistymi a wymiarami zadanymi przez programistę. Niektóre z tych obliczeń dokonywane są w module przelicznika. Uwzględniane są przy tym, jeśli zachodzi taka konieczność, wszystkie sygnały kontrolne z obrabiarki. Jeżeli z obrabiarki nie przychodzi żaden sygnał blokujący, moduły sterowania osiami otrzymują rozkazy wykonania posuwów odpowiednio do zawartych w programie danych i instrukcji sterujących, tj. rozpoczyna się wykonywanie instrukcji zawartych w bloku. Natychmiast po rozpoczęciu wykonywania danego bloku podejmowane jest przygotowywanie do wykonania bloku następnego. Wczytanie i inicjacja wykonywania nowego bloku może nastąpić natychmiast po przygotowaniu danych dla funkcji osi i otrzymaniu z modułów sterowania osiami sygnału gotowości. Po zainicjowaniu wykonania bloku, komputer może pobierać w regularnych odstępach czasu z modułów sterujących funkcjami osi informacje o przebiegu przemieszczeń i przesyłać te informacje do optycznego wskaźnika pozycji, np. na pulpicie operatora. Zamiast każdorazowego wczytywania programu roboczego z taśmy perforowanej, cała informacja znajdująca się na taśmie może być umieszczona w pamięci. Wówczas, w momencie zażądania wykonania programu, jest on wybierany blok po bloku przez komputer bezpośrednio z pamięci. Możliwe jest również odczytanie i wykonanie pojedynczego bloku z pulpitu operatora. Wyliczenia, przesyłane do modułów sterujących funkcjami osi, inicjacja i wyświetlanie położenia przebiegają tu w sposób identyczny do uprzednio opisanego. Obrabiarka może być sterowana w pewnych sytuacjach również bez programu roboczego. Ma to miejsce np. przy kalibrowaniu lub obróbce pojedynczych prostych detali. Sterowanie prowadzone jest również w reżimie pracy ręcznej za pomocą przycisków i przełączników. Przy tego rodzaju pracy komputer otrzymuje takie informacje, jakie są zadawane z pulpitu operatora. Program sterujący dokonuje pewnych prostych przeliczeń, po których dane są przekazywane do modułów sterujących osiami i inicjowana jest obróbka.



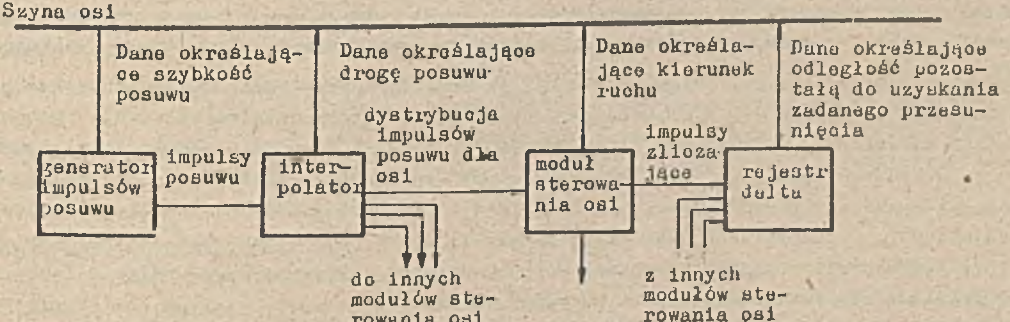
Rys. 5. Schemat blokowy MERA-CNC/NUCON 400

Przeliczenia dokonywane przez komputer oddziaływują na posuwy, które są definiowane funkcjami modułów sterowania osi. Na każdą oś obrabiarki stosowany jest jeden moduł sterowania osi oraz rejestr delta. Rejestr delta otrzymuje z komputera wartość, określającą dla aktualnie wykonywanego bloku odległość od punktu końcowego, właściwego dla sterowanej osi. Do generatora impulsów posuwu przekazywana jest informacja określająca zaprogramowaną szybkość posuwu, natomiast do interpolatora przesyłane są dane niezbędne do generacji drogi posuwu. Informacja o kierunku ruchu dla każdej osi przekazywana jest do modułu sterowania danej osi.

W momencie przekazywania przez komputer sygnału inicjującego pracę, generator impulsów posuwu rozpoczyna generowanie ciągów impulsów. Każdy z impulsów odpowiada zaprogramowanemu posuwowi o jednostkę równą rozdzielczości pomiaru systemu. Częstotliwość impulsów jest zatem wprost proporcjonalna do szybkości posuwu. Impulsy posuwu nadzorowane są przez interpolator. W czasie pracy obrabiarki interpolator działa jako prosty komputer i wykorzystując informacje otrzymywane z głównego komputera, wykonuje obliczenia, w wyniku których ruch odbywa się wzdłuż drogi zaprogramowanej. Pobierając impulsy z generatora impulsów posuwu, interpolator wytwarza impulsy posuwów jednocześnie dla układów sterujących do trzech osi w taki sposób, że szybkość na drodze wyznaczonej przez komputer jest zgodna z zaprogramowaną. Każdy z impulsów przesyłanych do modułu sterowania osi zmienia wartość sygnału ustawiającego regulator położenia dla odpowiedniej osi w taki sposób, że uzyskuje się przesunięcie o jednostkę równą rozdzielczości pomiarowej. Impuls ten jest również przesyłany jako impuls zliczający do rejestru delta dla danej osi. Rejestr delta zawiera zatem informację o odległości, która w każdej chwili pozostaje jeszcze do uzyskania zadanego przesunięcia. Kiedy zawartość rejestru delta osiągnie zero, blokowane jest działanie modułu sterowania danej osi i dalsze ruchy w tej osi stają się niemożliwe.

Wyzerowanie się wszystkich rejestrów delta świadczy o zakończeniu ruchu i wówczas do komputera wysyłany jest sygnał gotowości przyjęcia nowej instrukcji. W pewnych sytuacjach możliwe jest chwilowe wstrzymanie sterowania przez komputer posuwami w czasie ich trwania. Dzieje się to w momencie pobrania informacji z rejestru delta w celu np. wyświetlenia jego wartości na wskaźniku położenia znajdującym się na pulpicie operatorskim.

Przy nacinaniu gwintów na tokarkach, częstotliwość impulsów posuwu musi być proporcjonalna do prędkości obrotowej wrzeciona. Jest ona kontrolowana przez moduł gwintowania, stanowiący jednocześnie system pomiarowy dla ruchu wrzeciona. Z modułu tego uzyskuje się impulsy o częstotliwości, która jest wprost proporcjonalna do szybkości obrotów wrzeciona. Moduł gwintowania wytwarza również impuls synchronizacyjny, który powoduje, że po rozpoczęciu wykonywania bloku programu z operacją gwintowania, przemieszczenia w poszczególnych osiach są inicjowane zawsze przy tym samym położeniu wrzeciona. Impulsy są w interpolatorze mnożone przez liczbę odpowiadającą posuwowi wzdłuż osi w czasie jednego obrotu wrzeciona. Uzyskany w ten sposób ciąg impulsów przekazywany jest do modułów sterowania osi i wywołuje odpowiedni ruch roboczy.



Rys. 6. Sygnały funkcji sterowania osiami w czasie pracy obrabiarki

Moduł wrzeciona spełnia dodatkowe funkcje umożliwiające sterowanie wrzecionem napędzanym silnikiem prądu stałego. Komputer przekazuje do modułu wartość proporcjonalną do zaprogramowanej

prędkości. Liczba ta służy do wytwarzania w module wrzeciona analogowego sygnału prędkości odniesienia dla serwonapędu wrzeciona. Komputer może również przez moduł wrzeciona przekazywać polecenia dotyczące zmian prędkości wrzeciona.

System sterowania komunikuje się z operatorem i sterowanym procesorem za pomocą modułów interfejsowych. Moduły te przetwarzają sygnały przesyłane z komputera na postać dostosowaną do wymaganej przez moduły i urządzenia zewnętrzne.

Modułami interfejsowymi w systemie MERA CNC są: moduł interfejsowy dla pulpitów operatora, interfejs dla czytnika i perforatora taśmy, moduły wejść i wyjść cyfrowych, moduły sterowania osiami itp.

Kierowanie pracą systemu sterowania odbywa się z pulpitów operatora. Funkcje tych pulpitów są dwojakiego rodzaju: z jednej strony - wprowadzanie dyrektyw sterujących i danych za pomocą przycisków i przełączników pulpitowych, z drugiej strony - wyświetlanie parametrów i danych na wyświetlaczach cyfrowych. Praca obrabiarki może być sterowana z pulpitów w reżimie automatycznym lub sterowania ręcznego. Na wyświetlaczach cyfrowych może być przedstawiona zawartość wszystkich rejestrów informacyjnych, a jeśli zaistnieją pewne stany błędne, wyświetlany jest kod cyfrowy określający rodzaj błędu.

Program obróbki może być wprowadzony do systemu z pulpitu operatora, jednak normalną procedurą jest napisanie programu i wyperforowanie go na taśmie papierowej. Program taki jest następnie wczytywany do systemu sterującego za pomocą czytnika taśmy dołączonego poprzez układy interfejsu. Układy te służą do przekazywania w odpowiedniej formie sygnałów sterujących z komputera do czytnika taśmy oraz sygnałów potwierdzających z czytnika taśmy do komputera. Przed wprowadzeniem do komputera, dane przesyłane z czytnika taśmy są filtrowane. Czasem konieczna jest również konwersja danych z kodu EIA na kod ISO.

W czasie testowania programu obróbki na obrabiarce, może być on modyfikowany z pulpitu operatora. Przez podłączenie do systemu sterującego perforatora (opcja systemu), uzyskujemy możliwość wyprowadzenia taśmy perforowanej z programem w jego końcowej, zmodyfikowanej postaci. Układy interfejsu perforatora nadzorują przebiegi sygnałów sterujących i potwierdzających, jak również w razie konieczności spełniają funkcję konwersji z kodu ISO na kod EIA. Wejścia i wyjścia cyfrowe są układami dopasowującymi, zapewniającymi, że sygnały przychodzące z procesu sterowanego są filtrowane i posiadają odpowiedni poziom i na odwrót, sygnały wysyłane do sterowanego procesu zostają wzmocnione do poziomu zapewniającego odporność na zakłócenia zewnętrzne. Sygnały przekazywane przez moduły wejść/wyjść cyfrowych są sygnałami kontrolnymi i sterującymi wysyłanymi do/z obrabiarki lub danymi niezbędnymi do realizacji wymaganych funkcji przez obiekt sterowany. Z modułów sterowania osiami wysyłane są do serwonapędów poszczególnych osi i wrzeciona analogowe sygnały odniesienia zawierające informacje o prędkości. Sygnały wejściowe do modułów sterowania osiami uzyskiwane są z przetworników pomiarowych i określają położenie poszczególnych osi obrabiarki. Wejściowe i wyjściowe cyfrowe sygnały sterowania osiami obejmują również sygnały włączające i wyłączające system sterowania, jak również grupę sygnałów nadzorujących działanie interfejsu obrabiarkowego i systemów serwonapędów.

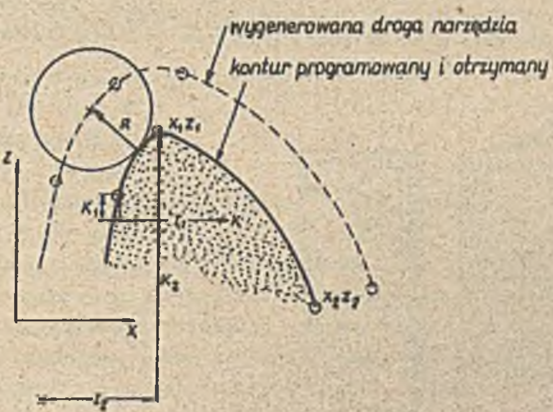
Do prawidłowego sterowania obiektem takim, jak obrabiarka, konieczna jest precyzyjna współpraca systemu MERA CNC/NUCON 400 z urządzeniami pomiarowymi położenia zainstalowanymi na poszczególnych osiach obrabiarki. System MERA CNC/NUCON 400 może współpracować z urządzeniami pomiarowymi zarówno typu resolwer, jak i z liniałami pomiarowymi typu induktosyn. Resolwer zasilany jest dwoma napięciowymi sygnałami prostokątnymi, SIN i COS, o stałej amplitudzie, przesuniętymi fazowo względem siebie o 90°. Częstotliwość tych sygnałów wynosi ok. 1 kHz. Z resolwera uzyskiwany jest sygnał, który podlega filtrowaniu i przetworzeniu na prostokątny sygnał przesunięcia fazowego (POSPHASE). Przesunięcie fazowe w stosunku do SIN jest miarą położenia kątowego osi resolwera. Resolwer jest połączony ze śrubą napędową układu napędu osi obrabiarki. Tak więc przy obrocie osi resolwera, POSPHASE jest miarą absolutnego położenia osi. System pomiarowy wyposażony jest w licznik kontrolujący, czy mierzone położenie mieści się w zakresie wyznaczanym jednym obrotem resolwera, czy jest powyżej tego zakresu.

Zasada pomiaru za pomocy przetwornika liniowego typu INDUKTOSYN jest identyczna. Słabsze sprzężenie indukcyjne między pierwotnymi i wtórnymi uzwojeniami wymaga tu stosowania dodatkowych wzmacniaczy.

Właściwości funkcjonalne systemu MERA CNC/NUCON 400

Spośród wielu cech i właściwości funkcjonalnych systemu MERA CNC/NUCON 400 wyróżnić należy przede wszystkim niżej wymienione:

- Prosty sposób programowania konturów nawet dla bardzo skomplikowanych detali. Konieczne jest tylko zaprogramowanie konturów obrabianego detalu, bez uwzględniania przy tym promienia i długości narzędzia. System automatycznie oblicza i generuje drogę środka narzędzia dla konturów nieciągłych wewnętrznych i zewnętrznych. Na rys. 7 pokazana została sytuacja, gdy system generuje drogę środka narzędzia w przypadku przejścia przez punkt przecięcia dwóch łuków. Konieczne jest wówczas napisanie jedynie dwóch bloków programu określających oba łuki. Zaletą systemu jest również możliwość zmiany promienia i długości narzędzia bez ingerencji w program.



Rys. 7.

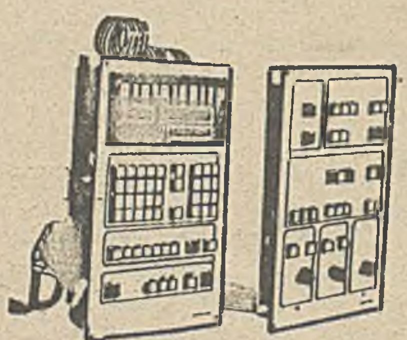
- Automatyczny program redagujący
  Program ten umożliwia szybki wydruk błędów formalnych zawartych w programach roboczych, a także ich optymalizację. Możliwość usuwania, modyfikowania i wstawiania całych fragmentów lub bloków w dowolnym punkcie programu zapewnia uzyskanie znacznego skrócenia czasu uruchamiania nowych programów i czasów obróbki. Optymalizacja programów obróbki za pomocą dotychczas stosowanych metod redagowania programu była uważana za zbyt czasochłonną, w wyniku czego często rezygnowano z niej, gdy program funkcjonował poprawnie. Dotyczyło to szczególnie redagowania i doboru parametrów skrawania. System MERA CNC/NUCON 400 umożliwia automatyczne redagowanie parametrów skrawania: jeżeli w trakcie obróbki naciśnie się odpowiedni przycisk wzrostu lub zmniejszenia, to zaprogramowane wartości F i S ulegają modyfikacji i obliczane są nowe wartości, automatycznie zapamiętywane przez system.
- Nowoczesne zorganizowanie biblioteki programów roboczych
  W systemie MERA CNC/NUCON 400 zastosowano odmienne od dotychczasowych sposoby przechowywania programów. W postaci makroprogramów można przechowywać zarówno podprogramy dla często powtarzających się operacji, jak i kompletne programy obróbki. Bez konieczności korzystania z dodatkowego czytnika taśmy można dokonać szybkiego wyboru między dwoma lub więcej programami. Makroprogram jest ściągany z pamięci za pomocą prostego kodu, który zajmuje minimum miejsca na taśmie. Pojemność pamięci przeznaczonej do przechowywania programów odpowiada max. 240 m taśmy dziurkowanej (ok. 4500 bloków). W pamięci można również przechowywać wartości kompensacyjne u-

stawienia narzędzi. Redagowanie jest możliwe w dowolnym miejscu pamiętanego programu, makroprogramu lub wprowadzonych danych.

- Możliwość sprzężenia z zewnętrzną biblioteką programów
Pojemność pamięci przeznaczonej do przechowywania programów może być praktycznie zwiększona w nieograniczonym stopniu, ponieważ system MERA CNC/NUCON 400 jest przystosowany do sprzężenia z zewnętrzną biblioteką programów.

- Możliwość interpolacji kołowej przekraczającej granice 1/4 obwodu
Do zaprogramowania jednego łuku okręgu o długości większej niż jedna ćwiartka, a nawet równej pełnemu okręgowi, wystarcza jeden blok programu. Zmniejsza to w znacznym stopniu liczbę bloków oraz upraszcza programowanie.

- Nowe rozwiązania funkcjonalne pulpitów operatora ułatwiające pracę operatora i zwiększające niezawodność działania
Pulpity operatorskie zaprojektowane z uwzględnieniem zasad ergonomii są proste w obsłudze i umożliwiają operatorowi pełne wykorzystanie systemu, włącznie z optymalizacją i redagowaniem programów. Zestaw pulpitów operatorskich systemu MERA CNC/NUCON 400 tworzą: pulpit danych i pulpit sterujący. Pulpity mogą być umieszczone w szafie, poza szafą lub mogą być zdwojone i wbudowane w obrabiarkę. Daje to operatorowi możliwość sterowania pracą obrabiarki z szafy sterowniczej, bezpośrednio z obrabiarki lub z obu stanowisk jednocześnie.



Rys. 8.

- Automatyczne nadzorowanie obszaru pracy
Im bardziej zautomatyzowany staje się warsztat pracy, tym bardziej istotny staje się problem wyeliminowania przestojów w pracy obrabiarek sterowanych numerycznie (NC). Z ww przyczyn wyposażono system MERA CNC/NUCON 400 w układ nadzoru obszaru pracy, zapobiegający kolizjom narzędzia z zespołami obrabiarki wynikającymi z błędów programu lub niewłaściwych czynności. Układ ten dopuszcza posuw roboczy tylko między punktami granicznymi leżącymi wewnątrz obszaru pracy obrabiarki. Jeżeli operator lub program wyda rozkaz ruchu do punktów znajdujących się poza określonym obszarem, to obrabiarka zatrzyma się.

- Wskaźniki odczytu głównego i odczytu wprowadzanych danych
Wskaźnik odczytu głównego umożliwia wyświetlenie w postaci alfanumerycznej bloku przetwarzanego oraz innych bloków programowych znajdujących się w buforze pamięci. Niezależnie od odczytu głównego w zespole wskaźników znajduje się specjalny wskaźnik danych, umożliwiający operatorowi odczyt danych zmagazynowanych w pamięci oraz nowych wprowadzanych danych.

- Możliwość szybkiego powrotu do programu
Specjalna funkcja powrotu umożliwia natychmiastowy powrót do miejsca w programie, w którym maszyna została zatrzymana lub do początku bloku np. po przejściu pomiarowym narzędzia lub po jego uszkodzeniu. Powrót następuje taką drogą, jaka byłaby wybrana przy ręcznym sterowaniu powrotem narzędzia.

- Funkcja autokorekcji
Wartość kompensacji dla długości i pozycji narzędzia można mierzyć i wprowadzać do pamięci w sposób automatyczny.

- Automatyczne wyświetlanie danych
Wszystkie informacje ważne dla programu, jak np. wartość kompensacji długości i pozycji narzędzia może być mierzona i w sposób automatyczny wprowadzana do pamięci.

- System autokontroli z wyświetlaniem błędów
Stan systemu jest kontrolowany w sposób ciągły, a pojawiające się błędy mogą być automatycznie

przeglądane i wyświetlane na wskaźnikach odczytu.

- temperatura;
- napięcia i przesyłanie danych w urządzeniu;
- dane wejściowe czytnika;
- aktualnie dostępna pojemność pamięci.

Wyświetlane są ponadto następujące dane:

- zwarcia lub przerwy sygnału resolwera;
- błędy w programie;
- brak wartości kompensacji;
- błędy operatora.

Wykryte błędy są wyświetlane razem z kodem identyfikującym przyczynę błędu. W momencie wykrycia błędu urządzenie kontrolne powoduje zatrzymanie działania systemu natychmiast lub po końcu bloku (w zależności od przyczyny błędu).

- Elektroniczna przekładnia pomiaru

W celu zagwarantowania możliwości przystosowania układu pomiarowego do różnych rodzajów skoku śruby pociągowej na ogół stosowano przekładnie mechaniczne. System MERA CNC/NUCON 400 wyposażony jest w elektroniczną przekładnię, która producentom obrabiarek pozwala na bezpośrednie sprzężenie czujnika pomiarowego ze śrubą pociągową, dla wszystkich normalnie używanych w calach i milimetrach skoków śruby. Uzyskano w ten sposób bardzo wysoki stopień niezawodności układu pomiarowego oraz obniżono jego koszty.

Podstawowe dane techniczne systemu MERA CNC/NUCON 400

- Zasilanie 220 VAC jednofazowe +10% - 15% , 50 Hz/60 Hz ± 1 Hz
- Pobór mocy max 1 kW
- Maksymalna temperatura otoczenia +50°C
- Wilgotność względna 95%
- Kontrola temperatury, napięć zasilających, odczytu z taśmy papierowej, zawartości pamięci, opóźnień , serwonapędów itp.
- Wyświetlanie kodu błędów stanów awaryjnych systemu oraz błędów operatora i programu
- Analogowy, cyklicznie - absolutny system pomiarowy z elementami pomiarowymi typu induktosyn
- Elektroniczna przekładnia pomiarowa w zakresie od 2:1 do 1:6,35
- Rejestr pozycji absolutnych względem punktu bazowego maszyny
- Analogowy pomiar prędkości posuwu (w zakresie ± 10V, 2 mA)
- Strojenie wzmocnienia położenia w zakresie od 0.3 do 3 m/min.mm
- Charakterystyki wzmocnienia zależnie od prędkości
- Możliwość regulacji strefy zerowej
- Jednokierunkowy dojazd do pozycji zadanej z regulowanym przekroczeniem
- Kompensacja błędu nawrotu
- Analogowy sygnał odniesienia dla prędkości wrzeciona ± 10V, max 2 mA do sterowania serwonapędem wrzeciona
- Sterowanie 2 do 5 osi liniowych lub obrotowych w zakresie ± 7 cyfr dziesiętnych
- Zdolność rozdzielcza 1 µm, 2 µm, 10 µm, 0,0001 cala, 0,001 stopnia
- Dwuwymiarowa interpolacja liniowa, z szybkością posuwu 15 m/min
- Trójwymiarowa interpolacja liniowa z szybkością posuwu 12 m/min
- Interpolacja kołowa w 4 ćwiartkach z szybkością posuwu 9 m/min
- Programowanie posuwów bezpośrednio w mm/min, obrotach/min i calach/min
- Kompensacja długości i położenia narzędzia ± 7 cyfr dziesiętnych
- Kompensacja przesunięcia punktu zerowego ± 7 cyfr dziesiętnych
- Całkowita kompensacja promienia narzędzia ± 7 cyfr dziesiętnych
- Pamięć do 200 wartości kompensacyjnych, chroniona bateryjnie do 48 h
- Pamięć dla programów obróbki do 92k znaków (4500 bloków programów)
- Prosta optymalizacja danych skrawania w czasie obróbki
- Gwintowanie cylindryczne o stałym i zmiennym skoku do 99,999 mm i z prędkością do 15 m/min
- Stałe cykle wiercenia i gwintowania
- Stała prędkość wrzeciona programowana bezpośrednio w obrotach/min

- Stała prędkość skrawania programowana bezpośrednio w m/min
- Sterowanie sekwencją i zmianą narzędzia
- Proste redagowanie programów oraz kasowanie, modyfikacja i włączanie sekcji programów, bloków lub pojedynczych funkcji
- Cztery rodzaje pracy: automatyczna, blokowa, MDI, ręczna
- Pulpit danych z klawiaturą i wyświetlaniem cyfrowym do ręcznego wprowadzania danych, ich badania i redagowania
- Pulpit sterujący do manewrowania maszyną w różnych rodzajach pracy.

mgr inż. Kazimierz GOJSKI
Instytut Maszyn Matematycznych

Obrabiarki sterowane numerycznie Sterowanie CNC-DNC. Przykład SKSC-1 dla KOR-1

Wstęp

W dziedzinie środków wytwórczych dla produkcji małoseryjnej i średnioseryjnej zaczynają się pojawiać nowe urządzenia i nowe sposoby wytwarzania określone ogólnym pojęciem grupowej technologii wytwarzania.

Pod tym pojęciem rozumie się taki sposób produkcji, który wykorzystuje grupy obrabiarek powiązanych między sobą procesem technologicznym, o różnym stopniu automatyzacji tak samego procesu technologicznego, jak również czynności pomocniczych.

Do sterowania grupami obrabiarek stosowane są systemy komputerowe współpracujące ze sterowanymi urządzeniami w systemie off albo on-line.

Do wykonywania podstawowego procesu produkcyjnego, jakim jest obróbka przedmiotu skrawaniem, służą w przeważającej większości obrabiarki, sterowane numerycznie z układem sterowania NC lub CNC.

Nowe urządzenia, które pojawiają się w nowoczesnych środkach wytwarzania, to różnego rodzaju transportery, manipulatory i roboty służące do transportu obrabianych elementów, automatyczne urządzenia pomiarowe, stacje do czyszczenia i mycia itp.

Istotą tej grupy obrabiarek jest możliwość jednoczesnego produkowania różnych pod względem technologicznym przedmiotów oraz zdolność szybkiej zmiany asortymentu wytwarzanych przedmiotów.

Podstawowym zadaniem spełnianym przez grupę obrabiarek jest obróbka przedmiotów, przy dużym stopniu automatyzacji, zarówno czynności głównych jak i pomocniczych, przy minimalnym udziale pracy fizycznej obsługującego człowieka.

Przykładem zastosowania grupowej technologii wytwarzania jest centrum produkcyjne do obróbki korpusów typu KOR-1.

Omówienie struktury centrum produkcyjnego

Centrum produkcyjne opracowane przez Centrum Badawczo-Konstrukcyjne Obrabiarek w Pruszkowie jest automatyczną linią służącą do jednoczesnej obróbki skrawaniem wielu różnych korpusów żeliwnych wymagających skomplikowanych operacji technologicznych. Centrum produkcyjne jest obiektem dla opracowanego w Instytucie Maszyn Matematycznych systemu komputerowego sterowania centrum (SKSC-1).

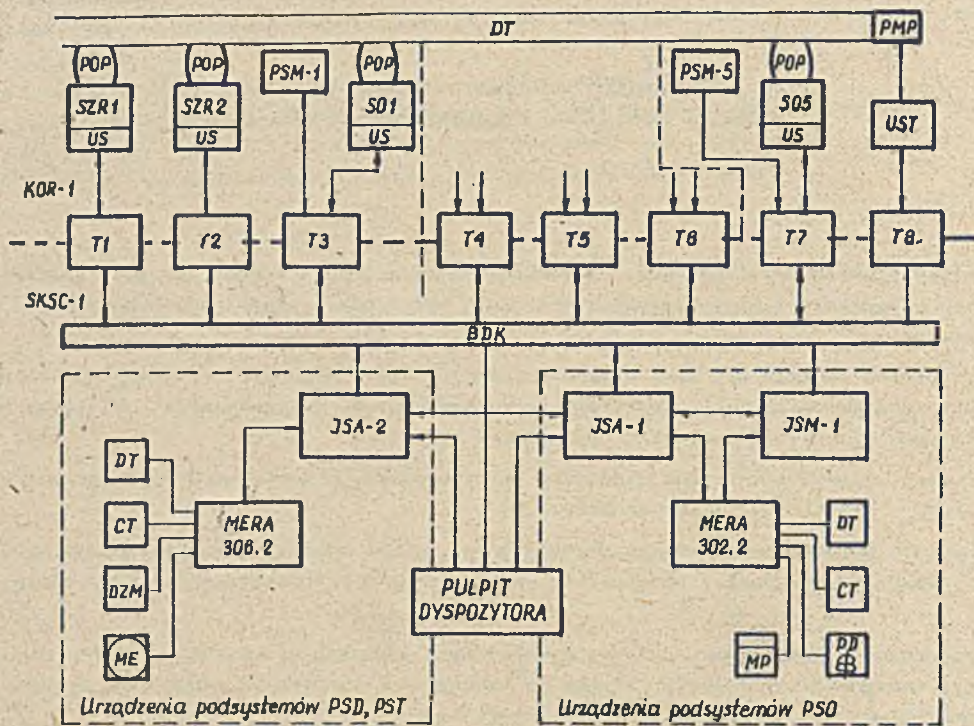
Centrum produkcyjne korpusów składa się z następujących urządzeń:

- 5 stacji obróbkowych (SO1 ÷ SO5)
- 2 stacji załadowczo-rozładowczych (SZR1; SZR-2)
- 5 stanowisk magazynowych (PSM1 - PSM5)
- 1 stanowiska wysypywania wiórów (SWW)

Urządzenia te są rozmieszczone wzdłuż drogi transportowej, po której porusza się podajnik międzyoperacyjny palet (PMP - wózek), umożliwiający przewożenie palet między tymi urządzeniami.

Schemat blokowy Centrum CP KOR-1 wraz z systemem sterowania przedstawiony jest na rys. 1.

Centrum produkcyjne wyposażone jest w określoną liczbę palet, na których w stacjach załadowczo-



Objaśnienia:

DT - droga transportowa
PMP - podajnik międzyoperacyjny palet
UST - układy sterowania transportem
SO - stacja obróbkowa
US - układy sterowania
PSM - pomocnicze stanowisko magazynowe
POP - podajnik operacyjny palet
SZR - stanowisko załadowczo-rozładowcze
T - terminal transmisji
BDK - blok doprowadzeń kabli

JSM-1, JSA-1, JSA-2 - specjalizowane jednostki sterujące
DT - dziurkarka taśmy papierowej
CT - czytnik taśmy papierowej
DZM - drukarka mozaikowa
ME - monitor ekranowy
MP - maszyna do pisania
PD - pamięć dyskowa

Rys. 1. Schemat blokowy systemu komputerowego sterowania SKSC-1 wraz z centrum produkcyjnym KOR-1

rozładowczych mocowane są przedmioty przeznaczone do obróbki. W stacjach tych są również rozładowywane palety z przedmiotami gotowymi, tj. obrobionymi w centrum.

Stacja obróbkowa składa się z obrabiarki sterowanej numerycznie wraz z magazynem narzędzi oraz z podajnika operacyjnego palet (POP). W obrabiarkach przedmiot poddawany jest obróbce zgodnie z programem operacji technologicznych (POT). Obrabiarka jest sterowana w systemie BRT DNC. POP umożliwia zabranie na jedno ze swych ramion palety z PMP. Przez obrót ramion POP paleta może być przeniesiona i ewentualnie oddana na stół obrabiarki i podobnie paleta ze stołu obrabiarki może być zabrana i przeniesiona na PMP.

Stacja załadowczo-rozładowcza składa się ze stanowiska załadowczo-rozładowczego i podajnika POP o funkcjach identycznych jak w SO. Stanowisko SZR zawiera pulpit operatora umożliwiający komunikowanie się SKSC-1 z obsługą stanowiska. W SZR obsługa mocuje na palecie przedmiot przeznaczony do obróbki w centrum lub zdejmuje z palety przedmiot po obróbce.

Pomocnicze stanowisko magazynowe wyposażono jest w dwa automatyczne zasobniki, w których mogą

być przechowywane palety z przedmiotami do obróbki, przedmiotami całkowicie obrobionymi lub częściowo obrobionymi. PSM ma możliwość pobrania lub oddania palety do PMP.

Podajnik międzyoperacyjny palet ma miejsce do umieszczenia palety, paleta umieszczona jest na PMP lub zabierana z PMP za pomocą POP lub mechanizmu PSM.

Wymienione wyżej urządzenia wyposażone są w układy sterownicze (US). Układy te przyjmują i realizują polecenia z SKSC-1 oraz informują na bieżąco SKSC-1 o stanie urządzeń i maszyn centrum. Układy sterownicze i pulpity umieszczone są obok urządzeń centrum w hali produkcyjnej, natomiast urządzenia SKSC-1 znajdują się w pomieszczeniu klimatyzowanym, zwanym dyspozytornią. Sygnały z SKSC-1 do urządzeń obiektu i sygnały z obiektu do SKSC-1 przesyłane są torami równoległej transmisji. Sygnały odbierane na hali w terminalach odpowiadają standardom TTL. Występują więc dodatkowo adaptery dopasowujące parametry sygnałów współpracy US do standardu TTL.

Systom komputerowego sterowania - struktura zadań

System komputerowego sterowania centrum (SKSC-1) steruje na bieżąco procesem produkcyjnym, realizując w pełni zautomatyzowaną i wydajną obróbkę korpusów.

Sterowanie SKSC-1 polega na wysyłaniu poleceń do US i potwierdzeniu przez US ich realizacji.

Sama obróbka przedmiotu zdeterminowana jest programem operacji technologicznych POT. Jest on przez SKSC-1 pamiętany i dostarczany na żądanie do układów sterowania numerycznego obrabiarką (USN). W tym zakresie zadanie SKSC-1 sprowadza się do niezakłóconego i zgodnego z założonym harmonogramem dostarczania danych POT do wszystkich zgłaszających się USN.

Pozostałe zadania SKSC-1 to sterowanie transportem palet między stanowiskami centrum oraz sterowanie załadowaniem i rozładowaniem palet w stanowiskach załadowczo-rozładowczych. Sterowanie to powinno zapewnić minimalny czas oczekiwania obrabiarki na następny przedmiot do obróbki, po zakończeniu obróbki poprzedniego przedmiotu.

Podana charakterystyka obiektu oraz ogólnie określone zadania SKSC-1 wyznaczają w zasadzie wymagania na sygnały współpracy SKSC-1 z obiektem. Podanie tych sygnałów oraz szczegółowe opisanie ich parametrów jest podstawowym etapem niezbędnym dla realizacji projektu systemu. Ze względu na wielkość zadań SKSC-1, przy ich różnym charakterze oraz w celu ułatwienia projektowania i uruchamiania podzielono system sterowania na podsystemy. Przyjęto zasadę, że w ramach podsystemu powinny zamknąć się określone zadania - funkcje.

W wyniku analizy tych zadań, system podzielono na:

- podsystem sterowania stacjami obrabiarkowymi (PSO)
- podsystem sterowania transportem (PST)
- podsystem sterowania dyspozytorskiego (PSD).

PSO zapewnia pełną obsługę stacji obróbkowych. Do jego zadań należy dostarczanie do USN danych POT, sterowanie podajnikami palet w stacjach obróbkowych, współpraca z pulpitami operatora, informowanie podsystemów PST i PSD o stanie stacji obróbkowych. Przyjęto magazynowanie POT w pamięci dyskowej. Podsystem PSO wyszukuje tam program właściwy dla obrabianego przedmiotu.

Podstawowym zadaniem podsystemu sterowania transportem PST jest dostarczanie w odpowiednim czasie odpowiednich palet z przedmiotami do obróbki w danej stacji oraz odbieranie z niej palet z obrobionymi przedmiotami.

PSD steruje stacjami załadowczo-rozładowczymi, tj. podaje operatorowi na stacjach załadowczo-rozładowczych polecenie załadowania określonego przedmiotu do centrum, a także określa czas, kiedy stanowisko załadowczo-rozładowcze może przyjąć paletę do rozładowania.

Między wyżej omówionymi podsystemami PSO, PST i PSD stworzono zależność hierarchiczną - PST jest podsystemem nadrzędnym w stosunku do PSO, a podsystem PSD nadrzędnym do PST. Dokonano takiego podziału zadań między innymi dlatego, że decyzje podejmowane przez PSO, dotyczące jednej stacji obróbkowej, nie wpływają bezpośrednio na pracę innych stacji. Koordynację pracy poszczególnych stacji SO powierzono PST. Polega ona na przestrzeganiu kolejności dostarczania przedmiotów

do obróbki w poszczególnych stacjach. Kolejność tę ustala podsystem PSD na podstawie ogólnego harmonogramu obróbki przedmiotów w centrum. Ze względu na konieczność zapewniania możliwości wprowadzania do systemu w dalszych etapach jego realizacji, zmian i rozszerzeń wynikających ze zmian w urządzeniach centrum jak i dodatkowych zadań stawianych istniejącym podsystemom, wybrano drogę realizacji systemu z wykorzystaniem w sposób maksymalny możliwości programowych.

Wychodząc z tego założenia oraz po przeprowadzeniu dokładnej analizy zadań, zależności czasowych oraz wymagań na sygnały współpracy z centrum, zachowano w rozwiązaniu sprzętowym podział na podsystemy, podobny do podziału w części oprogramowania. I tak, cały system SKSC-1 składa się z dwóch funkcjonalnie powiązanych zestawów minikomputerów wyposażonych w typowe urządzenia wejścia i wyjścia, specjalizowane jednostki sterujące oraz jednostkę pulpitu dyspozytora.

Budowę PSO oparto na:

- uniwersalnym minikomputerze MERA 302.2 z pamięcią operacyjną 8 kbajtów i pamięcią dyskową, kanałem multipleksorowym i blokiem przerwań zewnętrznych oraz czytnikiem, dziurkarką taśmy i maszyną do pisania,
- specjalizowanej jednostce sterującej JSM-1, podłączonej do kanału multipleksora,
- specjalizowanej jednostce sterującej JSA-1 pracującej z kanałem arytmometru, wyposażonej w adaptor kanał-kanał umożliwiający przesłanie informacji bajtami między komputerami podsystemów PSO-PST/PSD,
- układach transmisji UTS zapewniających transmisję sygnałów z dyspozytorni do hali z zapewnieniem warunku odporności na zakłócenia przemysłowe.

JSM-1 przeznaczona jest do jednoczesnej transmisji do pięciu podkanałów. Każdy podkanał pracuje z jedną stacją obróbkową. JSM-1 współpracuje z kanałem multiplokdorowym na zasadzie standardowego interfejsu minikomputera MERA 300.

JSM-1 zawiera:

- układy umożliwiające przesyłanie danych POT do wszystkich USN
- układy przełącznicy do wysyłania słowa stanu z wybranego podkanału do minikomputera
- układy generowania i wysyłania przerwań dla określonych zdarzeń zachodzących w SO.

JSA-1 przeznaczona jest do sterowania POP w stacjach obróbkowych i zawiera:

- układy rejestrów wyjściowych, do których z komputera wpisywane są polecenia dla układów sterowania podajnikami (USP) lub dane przeznaczone dla pulpitów operatora
- przełącznicę umożliwiającą wczytanie do komputera informacji bajtowej z obiektu
- układy generowania i wysyłania przerwań do komputera dla określonych zdarzeń zachodzących w stacjach SO.

Podsystemy PSD i PST pracują z podobnym zestawem urządzeń, a mianowicie:

- uniwersalny minikomputer MERA 306.2 z pamięcią operacyjną 32 kbajtów i blokiem przerwań zewnętrznych, wyposażony w czytnik, dziurkarkę taśmy oraz w mozaikową drukarkę wierszową i monitor ekranowy
- specjalizowaną jednostkę sterującą JSA-2 z adaptorem kanał-kanał
- układy transmisji UTS.

Jednym z podstawowych urządzeń wchodzących w skład zespołu sprzętu systemu SKSC-1 jest pulpit dyspozytora (PD). Zadaniem pulpitu w systemie jest umożliwienie dyspozytorowi śledzenia na bieżąco przebiegu pracy centrum, wybranie odpowiedniego reżimu sterowania dla każdego z urządzeń obiektu, a w szczególnych sytuacjach (awaryjnych) sterowanie z niego urządzeniami centrum. W tym celu do pulpitu doprowadzane są odpowiednie informacje o stanie urządzeń centrum i z niego wyprowadzane sygnały sterujące do tych urządzeń.

W dyspozytorskim reżimie pracy JPD służy do ręcznego sterowania transportem przedmiotów w całym centrum produkcyjnym, jak również do sterowania ładowaniem i rozładowaniem przedmiotów na

stanowiskach załadowczo-rozładowczych. Innym istotnym zadaniem JPD jest możliwość prostego sprawdzenia, wykrycia i lokalizacji uszkodzeń wielu urządzeń systemu.

Przebieg sterowania centrum produkcyjnym KOR-1 za pomocą SKSC-1

SKSC-1, śledząc przebiegający w centrum KOR-1 proces produkcyjny wyznacza, z odpowiednim wyprzedzeniem w czasie momenty, w których powinno się rozpocząć ładowanie na paletę określonego przedmiotu, wg jego wyróżnika konstrukcyjnego. Wybiera wolne stanowisko załadowcze i wysyła do operatora tego stanowiska polecenie załadowania tego przedmiotu na paletę. Po załadowaniu operaoperator zgłasza do SKSC-1 wykonanie polecenia. Od tego momentu paleta z przedmiotem jest automatycznie przenoszona do poszczególnych stacji obróbkowych, w których jest automatycznie obrabiany.

Wysyłając odpowiednie polecenia do wózka transportowego - przenośnika międzyoperacyjnego palet i kontrolując ich realizację, SKSC-1 powoduje przewiezienie palety z przedmiotem do odpowiedniej stacji obróbkowej (jeżeli jest tam wolne miejsce) albo do stanowiska magazynowego, w którym będzie oczekiwać na zwolnienie się miejsca w pożądanej stacji.

Gdy w danej stacji centrum obróbkowego zakończy się obróbka jednego przedmiotu, sterowany przez SKSC-1 podajnik operacyjny palet zabierze go i umieści tam kolejny przedmiot. Dla tego kolejnego przedmiotu odszukany będzie w pamięci dyskowej i dostarczony odpowiedni program operacji technologicznych, zgodnie z którymi powinna przebiegać jego obróbka. Obrobiony przedmiot jest następnie odwożony do innej stacji obróbkowej dla dalszej obróbki, albo do stacji rozładowczej, jeśli w danej stacji kończy się obróbka przewidziana dla niego procesem produkcyjnym. Po przeanalizowaniu przez system dalszego przebiegu obróbki przedmiotu następuje odpowiednio wysterowanie urządzenia centrum KOR-1.

Po dostarczeniu obrobionego przedmiotu do stanowiska rozładowczego, SKSC-1 wydaje operatorowi polecenie rozładowania. Gdy operator zawiadomi, że wykonał polecenie, SKSC-1 może wydać polecenie załadowania kolejnego przedmiotu na zwolnioną paletę. Zdjęty z palety obrobiony przedmiot jest sprawdzany przez kontrolera i o wyniku tego sprawdzenia kontroler informuje SKSC-1, co jest odpowiednio odnotowane w drukowanym sprawozdaniu z przebiegu pracy centrum produkcyjnego KOR-1.

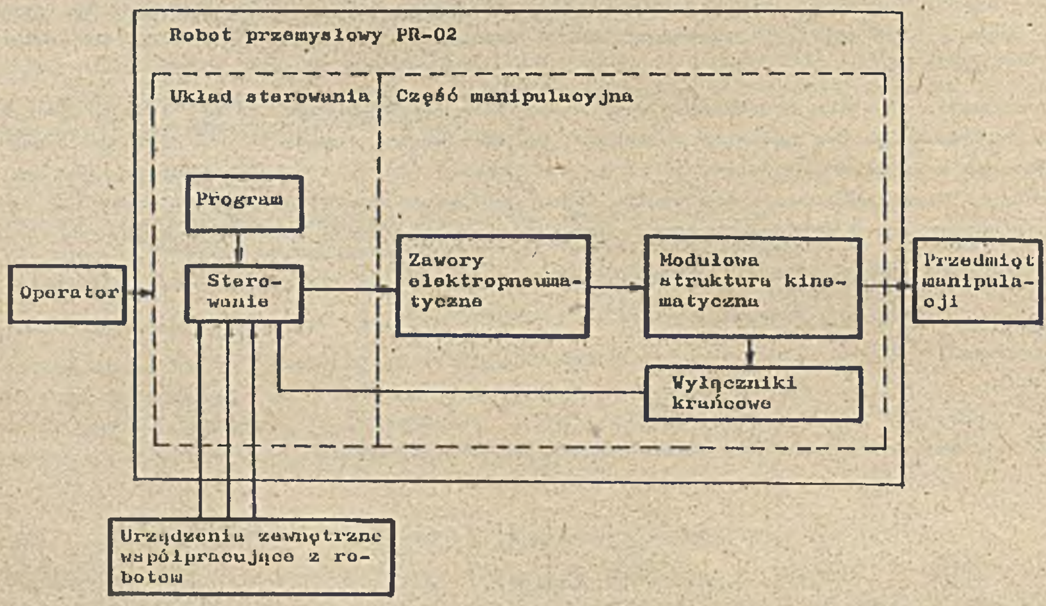
mgr inż. Zofia K. JASIŃSKA
mgr inż. Andrzej ŁAPIŃSKI
mgr inż. Ludwik H. PRZYBYLSKI

Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów.

Modułowy system robotów przemysłowych PR-02 i możliwości jego zastosowania do automatyzacji dyskretnych procesów przemysłowych

Koncepcja i właściwości systemu

Modułowy system robotów przemysłowych PR-02 jest zbiorem robotów przemysłowych kombinowanych z zestawu modułów kinematycznych i sterowanych za pomocą jednolitego układu sterowania. Pod pojęciem "moduł kinematyczny" lub podstawowy rozumie się mechanizm o jednym stopniu swobody, zaopatrzony we własny napęd. Koncepcja systemu opiera się na prostym "klockowym" składaniu określonej, ograniczonej do 8, liczby modułów kinematycznych w struktury kinematyczne o różnych zakresach ruchów - obszarach pracy - dostosowane do konkretnych zastosowań. Pozwala to na elastyczne, ekonomiczne rozwiązywanie szerokiej klasy dyskretnych zadań manipulacyjnych. Schemat blokowy robota PR-02 przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy robota przemysłowego PR-02

Część manipulacyjna systemu

Część manipulacyjna robota jest mechanizmem o co najmniej dwóch stopniach swobody, zbudowanym z modułów ze zbioru 5 typów modułów podstawowych. Dane techniczne modułów podstawowych zestawiono w tab. 1.

Podział modułów przesunięcia liniowego na 3 typy: MA, MB i MC spowodowany jest względami konstrukcyjnymi i funkcjonalnymi. Moduły MA realizują ruch za pomocą ruchomego tłoka i przewidziane są przede wszystkim do budowy ramion robotów przemysłowych; moduły MB realizują ruch za pośrednictwem ruchomego cylindra i są przewidziane do budowy przesuwnych kolumn lub przesuwnych podstaw robotów; moduły MC mają ruchomy tłok lub cylinder i realizują lokalne prostoliniowe ruchy chwyta-

Tab. 1.

Dane techniczne modułów podstawowych systemu robotów przemysłowych PR-02

Typ modułu	Symbol	Funkcja	Człon napędzający	Skok/obrót maksymalny	Liczba punktów pozycjonowania
MA	501 3001 3002 6002	realizacja przesunięcia liniowego	siłownik pneumatyczny	50 mm 300 mm 300 mm 600 mm	2
MB	2003 4003 6003	realizacja przesunięcia liniowego	siłownik pneumatyczny	200 mm 400 mm 600 mm	2
MC	321 502	realizacja przesunięcia liniowego		32 mm 50 mm	2
MD	3001 3603	ruch obrotowy robota	siłowniki pneumatyczne silnik pneumatyczny	$5/3\pi$ 2π	2 3
ME	1801 3603	ruch obrotowy chwytaka	siłowniki pneumatyczne silnik pneumatyczny	π 2π	2
MF	10 20 50	napęd szczęk chwytaka	siłownik pneumatyczny		2

ków. W miarę postępu prac konstrukcyjnych zestaw modułów podstawowych będzie rozszerzony.

Realizacja techniczna modułów podstawowych oparta jest na siłownikach pneumatycznych dwustronnego lub jednostronnego działania i silnikach pneumatycznych. Człony napędzające sterowane są za pomocą 2/3- i 2/5-drogowych elektrozaworów pracujących w różnych układach, w zależności od rodzaju modułu. Zakresy ruchów nastawiane są bezstopniowo za pomocą zderzaków mechanicznych. Końcowe odcinki ruchów modułów MA, MB i MD są tłumione tłumikami pneumatycznymi. Przewody elektryczne i pneumatyczne prowadzone są wewnątrz modułów kanałami lub przewodami elastycznymi.

Obiekt manipulacji może być chwytany za pomocą standardowych chwytaków MF po wyposażeniu ich w odpowiednie szczęki lub za pomocą chwytaków specjalnych.

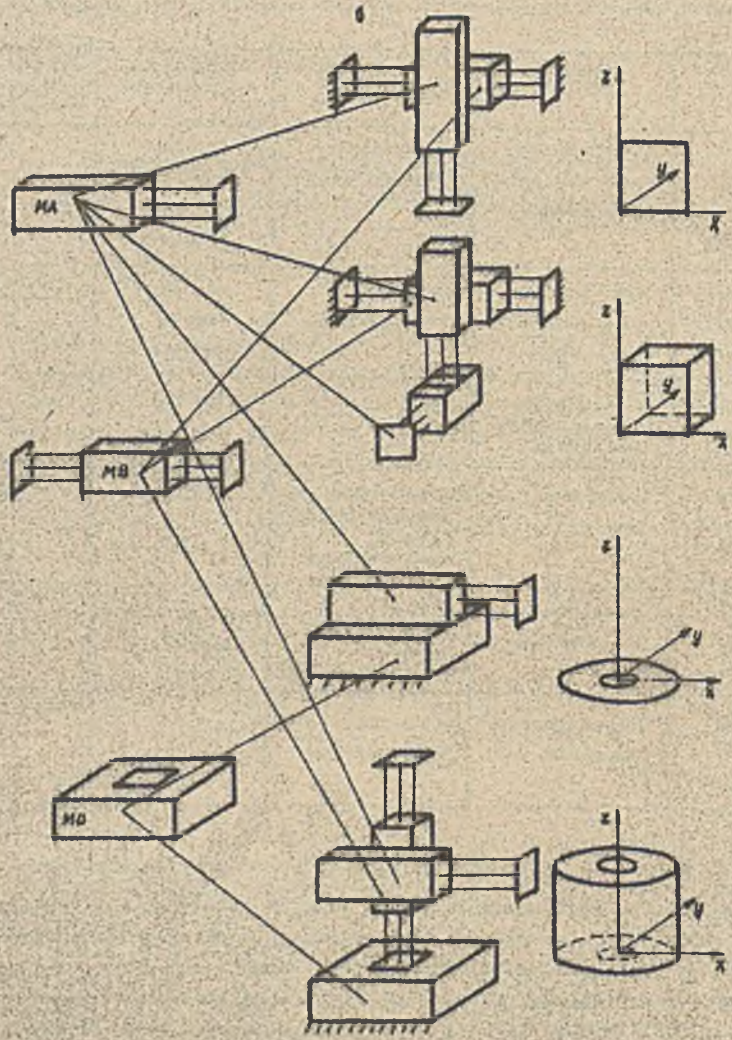
Sposób budowy z modułów podstawowych konfiguracji kinematycznych oraz uzyskiwane kształty przestrzeni roboczych przedstawiono schematycznie na rys. 2.

W tab. 2. zestawiono możliwości bezpośrednich połączeń między poszczególnymi modułami podstawowymi.

Przykłady konfiguracji robotów PR-02 wraz z wymiarami przestrzeni roboczych pokazują rysunki 3, 4 i 5.

Układ sterowania systemu

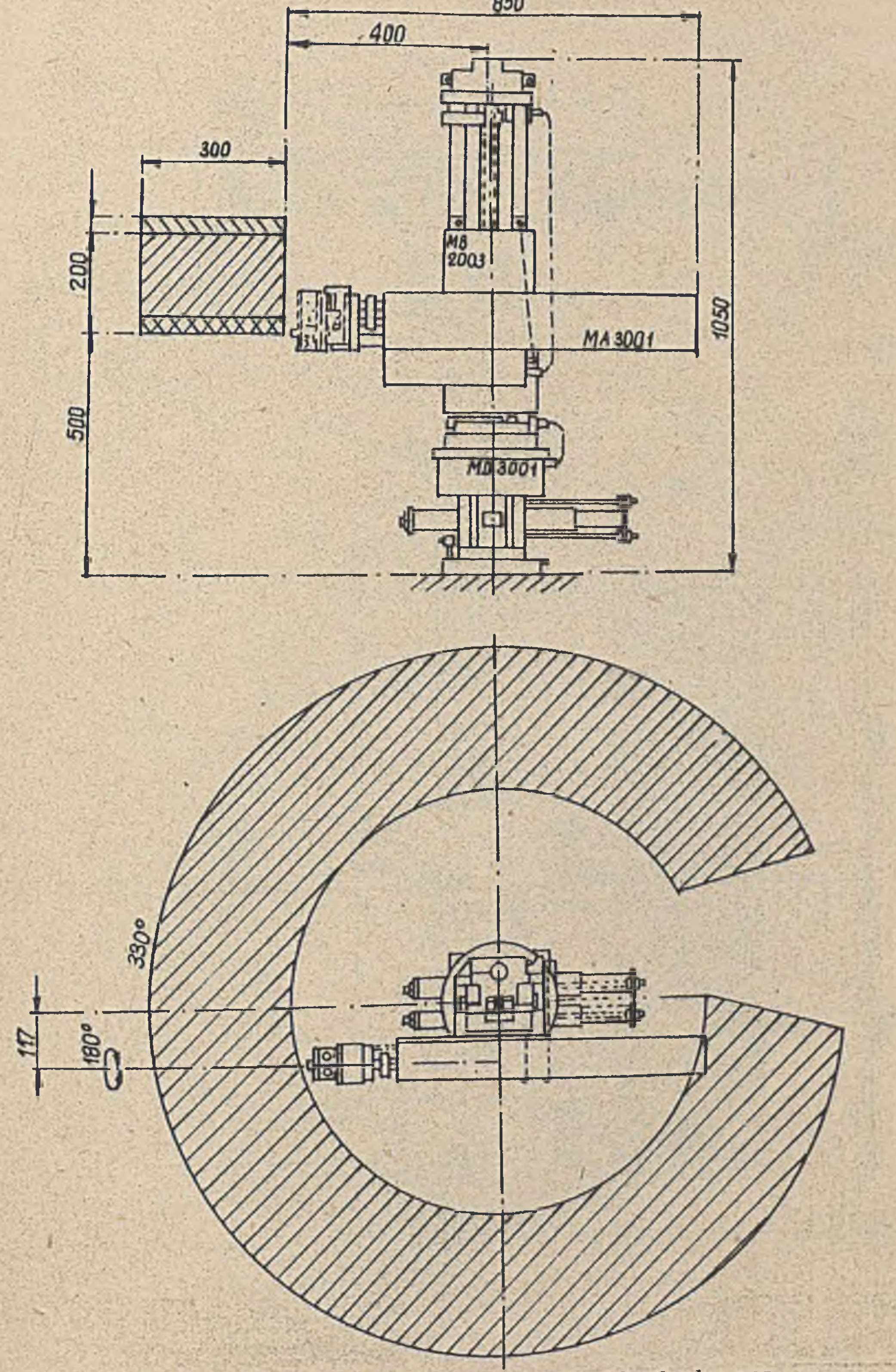
Modułowy system robotów PR-02 ma jednolity elektryczno-elektroniczny układ sterowania oznaczony symbolem PR-02/SD. Umożliwia on jednoczesne sterowanie wszystkimi osiami ruchu - modułami podstawowymi. Układ sterowania PR-02/SD zbudowany jest w postaci wolnostojącej szafy sterowniczej wyposażonej w pulpit sterowniczo-operacyjny. Na pulpicie sterowniczo-operacyjnym znajduje się kli-



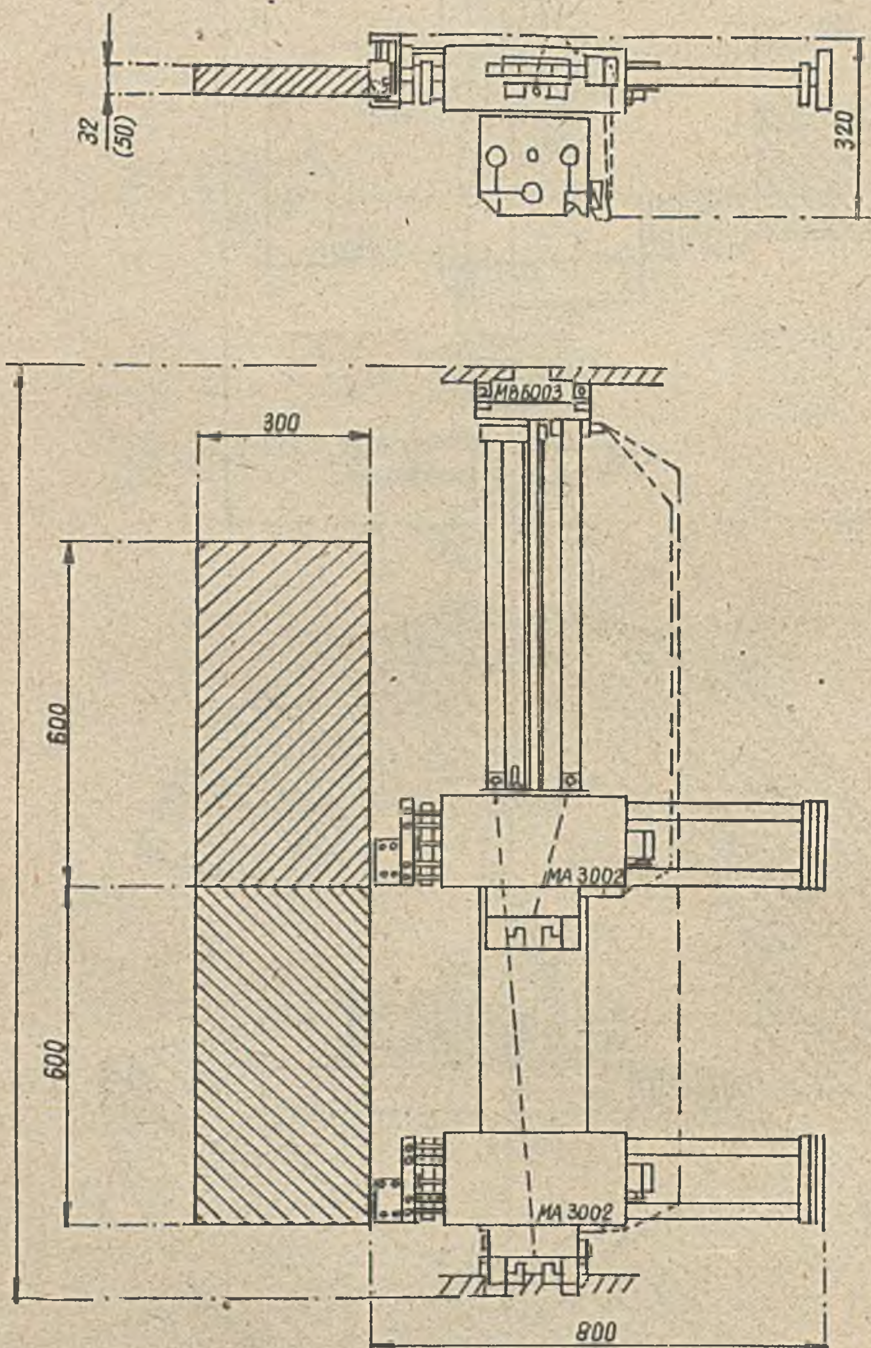
Rys. 2. Budowa z modułów podstawowych konfiguracji kinematycznych robotów PR-02 oraz uzyskiwane przestrzenie robocze

ka grup przycisków oraz tablica programująca. Część cyfrowa układu oparta na układach scalonych serii TTL znajduje się w pakietach wykonanych na standardowych płytkach drukowanych wsuwanych do kasety 19", umieszczonej w szafie sterowniczej. W szafie znajduje się ponadto zasilacz stabilizowany napięcia stałego 24 V, którego część mocy udostępniana jest użytkownikowi robota dla realizacji dodatkowych obwodów sterujących i zabezpieczających, współpracujących z układem sterowania robota. Dodatkowe układy mogą być umieszczone w szafie sterowniczej robota.

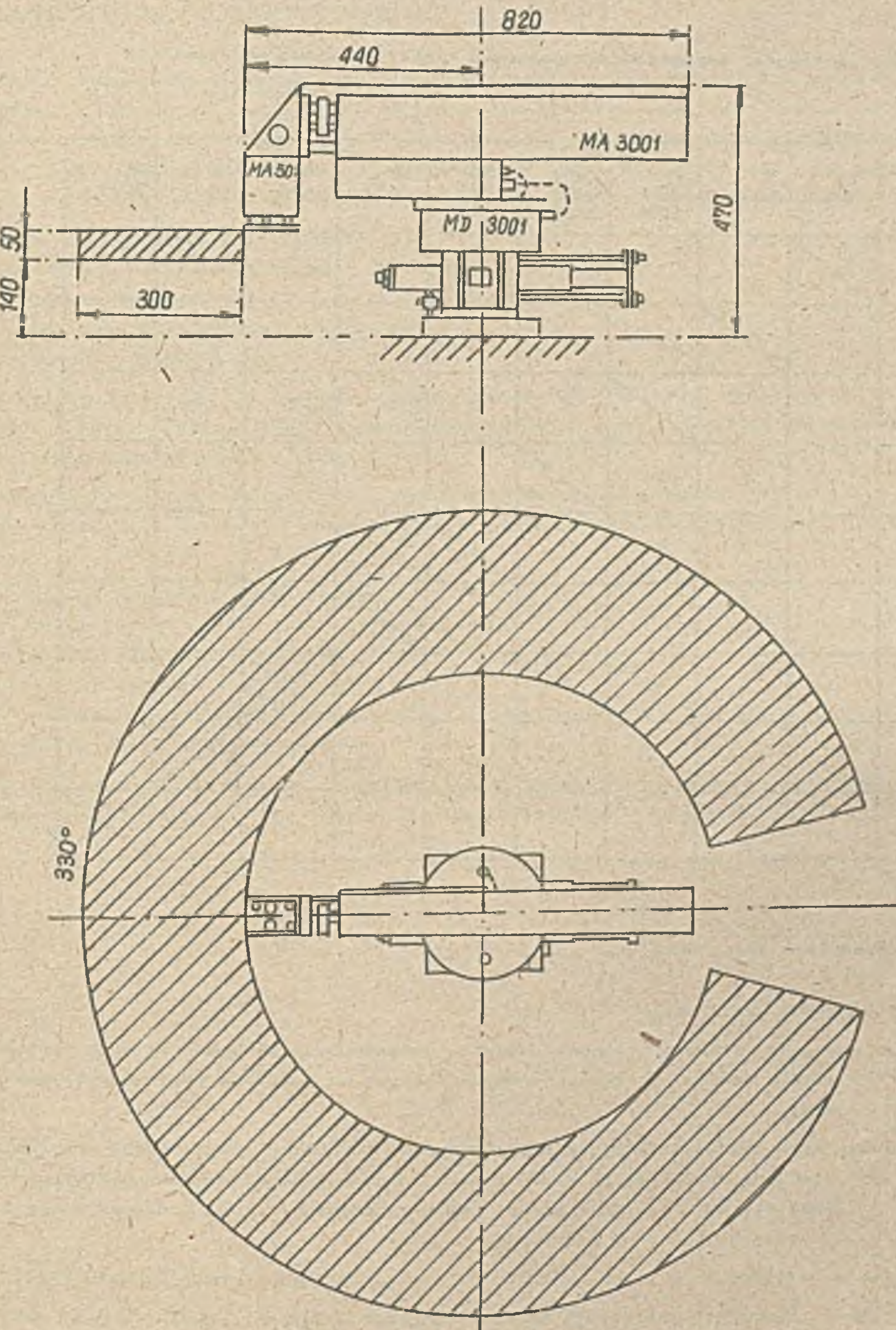
Programowanie robota odbywa się na tablicy programowej za pomocą wtyków diodowych. Tablica jest matrycą wierszy i kolumn, przy czym część wierszy służy do programowania ruchów części manipulacyjnej, a pozostałe wiersze do programowania sygnałów umożliwiających współpracę robota z oprzętem technologicznym oraz do programowania czasów wyczekiwania i programowania funkcji skoku warunkowego. Każdej kolumnie tablicy przypisany jest jeden krok programu. Wetknięcie wtyku diodowego w gniazdo w i-tym wierszu i w j-tej kolumnie oznacza zaprogramowanie ruchu i-tego modułu podstawowego struktury kinematycznej robota w j-tym kroku programu. Instrukcja ta jest pamiętana przez układ logiczny aż do chwili pojawienia się rozkazu przeciwnego.



Rys.3. Konfiguracja robota PR-02 zbudowana z modułów MD 3001, MB 2003, MA 3001, MC 321, ME 1801



Rys.4. Konfiguracja robota PR-02 zbudowana z modułów MB 0003,2 x MA 3002, MC 321



Rys.5. Konfiguracja robota PR-02 zbudowana
z modułów MD 3001, MA 3001 i MA 501

Tab. 2.

Zestawienie możliwości bezpośrednich połączeń między modułami podstawowymi

Typ modułu	MA 501	MA 3001	MA 3002 6002	MA 2003 4003 6003	MC 321 502	MD 3001	MD 3603	ME 1801	ME 3603
MA 501		X						X	
MA 3001	X			X	X	X	X	X	X
MA 3002 6002				X	X	X	X		X
MA 2003 4003 6003		X	X			X	X		
MC 321 502		X	X					X	X
MD 3001		X	X	X					
MD 3603		X	X	X					
ME 1801	X	X			X				
ME 3603		X	X		X				

X - możliwość bezpośredniego połączenia

Układ sterowania PR-02/SD umożliwia:

- sterowanie ręczne - sygnały sterujące ruchami modułów podstawowych podawane są za pomocą przycisków sterowania ręcznego umieszczonych na pulpicie sterowniczo-operacyjnym,
- sterowanie automatyczne - sygnały sterujące odczytywane są z tablicy programowej; program realizowany jest krok po kroku i przejście do wykonania kroku następnego odbywa się automatycznie wtedy, gdy w wykonywanym kroku programu wszystkie osie zajmą wymagane położenie,
- sterowanie skokowe - następny krok programu wykonuje się po ręcznym podaniu sygnału TAKT,
- programowanie sygnałów sprzęgających robota PR-02 ze współpracującymi i obsługiwanymi maszynami i oprzyrządowaniem technologicznym,
- programowanie czasów oczekiwania,
- realizację obwodów gwarantujących prawidłową pracę i obwodów awaryjnych,
- sygnalizację stanu wykonania programu i rodzaju pracy,
- programowanie funkcji skoku warunkowego, które polega na programowym uzależnieniu wykonania określonej części programu od stanu wybranego wejścia

Możliwości i przykłady zastosowań systemu

Roboty przemysłowe PR-02 można stosować do rozwiązywania dyskretnych zadań manipulacyjnych nie wymagających osiągnięcia więcej niż 96 (przy konfiguracji maksymalnej) punktów pozycjonowania w przestrzeni pracy robota. Masa obiektu manipulacji, przy maksymalnie rozbudowanej części manipulacyjnej, nie powinna przekraczać 5 kg. Parametry techniczno-eksploatacyjne robotów PR-02 pozwalają na różnorodne ich zastosowania, z których do najważniejszych należy zaliczyć:

- ładowanie i rozładowanie obrabiarek,
- ładowanie i rozładowanie maszyn do obróbki plastycznej,
- rozładowanie wtryskarek,
- ładowanie i rozładowanie transporterów,
- proste prace montażowe.

Przewidywane są również specjalne zastosowania robotów PR-02, związane z ich adaptacją do specjalnych warunków pracy. Jednym z przykładów takich zastosowań będzie specjalizowany robot do zalewania form ciśnieniowych płynnym metalem.

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów w Warszawie prowadzi liczne prace nad zastosowaniami robotów PR-02 w zakładach produkcyjnych w całym kraju. Przykładami mogą być następujące zastosowania:

- do obsługi obrabiarek zespołowych,
- do obsługi prasy z wahającą matrycą PXW100A,
- do obsługi wtryskarki 6200 BSKM-15-IIKUP,
- do obsługi maszyny odlewniczej,
- do ładowania bębna pralki automatycznej z transportera do urządzenia trawiącego,
- do obsługi stanowisk montażowych.

Moduły robotów PR-02 znajdują również zastosowanie jako podstawowe elementy zunifikowanych urządzeń podająco-załadowczych zautomatyzowanych prostych obrabiarek skrawających.

mgr inż. Andrzej SOCHA
Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów MERA

Roboty przemysłowe złożone

Właściwości robotów przemysłowych złożonych, w odróżnieniu od robotów prostych upodabniają je do człowieka włączonego w proces produkcyjny. Właściwości te to bardziej rozbudowane układy kinematyczne i napędowe części manipulacyjnej oraz złożony układ sterowniczy, wspomagany przez komputer.

Roboty proste można programować na dowolnie wybrane sekwencje ruchów ich elementów ruchomych, przy czym programuje się również (najczęściej za pomocą zderzaków) zakres krańcowych (lub kilku pośrednich) położeń tych elementów. Na kinematykę robotów prostych składa się pewna liczba (odpowiednia do liczby stopni swobody) niezależnych elementów ruchomych o prostych ruchach liniowych lub obrotowych. Program robota prostego może zawierać kilkadziesiąt kroków.

W robotach złożonych można programować nie tylko sekwencje ruchów, ale również zakresy i szybkości tych ruchów w każdym kroku programu, co pozwala na określanie dowolnej trajektorii ruchów robota dla każdej osi. Zastosowanie przegubów w układach kinematycznych robotów złożonych pozwala na lepszą manipulację przedmiotami oraz operowanie w miejscach trudno dostępnych. Programy robotów złożonych zawierają kilkaset kroków i mogą być łatwo wymieniane przez wczytanie dowolnego programu z pamięci zewnętrznej. Rozbudowany system operacyjny umożliwia spełnianie licznych funkcji sterowniczych w programie użytkowym, które umożliwiają użytkownikowi rozwiązywanie problemów zastosowań - z uwzględnieniem współpracy z maszynami towarzyszącymi i urządzeniami peryferyjnymi - bardziej złożonych niż w wypadku zastosowania robotów prostych. W perspektywie przewiduje się zastosowanie robotów złożonych do współpracy z urządzeniami rozpoznawania przedmiotów (np. czujnikami wizyjnymi) oraz w systemach sterowania nadrzędnego grup robotów za pomocą komputera zewnętrznego. Będą one mogły być stosowane w tzw. fabrykach bezludnych.

Zwiększone możliwości techniczne robotów złożonych okupione są wyższą ceną w stosunku do robotów prostych. Są one od nich ok. 5 ÷ 10 razy droższe.

Roboty proste są stosowane do obsługi pojedynczych maszyn i wykonują proste manipulacje podawania lub odbierania przedmiotów produkowanych przez te maszyny. Przedmiot musi być dostarczony do jednoznacznie określonego punktu i ukierunkowany przed uchwyceniem go przez robota. Podobnie odkładanie przedmiotu przez robota prostego następuje w określonym punkcie, z którego może być zabrany za pomocą pochylni lub transportera.

Roboty złożone mogą być stosowane jako roboty technologiczne, tzn. mogą samoczynnie wykonywać prace, używając prostych narzędzi. Mogą więc spawać, zgrzewać, malować, szlifować, stępiać ostre krawędzie itp. Mogą także manipulować przedmiotami poddanymi procesom obróbczym w wielomaszynowych gniazdach technologicznych oraz sterować i kontrolować proces technologiczny, podobnie jak czyni to człowiek na stanowiskach wielowarsztatowych.

Wyliczone główne cechy robotów złożonych (kilka stopni swobody, minikomputer z pamięcią, "uczenie" robota przez łatwe, elastyczne programowanie) są wspólne dla różnych rozwiązań demonstrowanych przez wielu producentów. Poważniejsze różnice notuje się w rozwiązaniu napędów robota. Spotyka się roboty o napędzie pneumatycznym, hydraulicznym lub elektrycznym, przy czym dwa ostatnie napędy są preferowane dla robotów złożonych. Napęd hydrauliczny zastosowała amerykańska firma Unimation w pierwszych robotach złożonych i stosuje go z powodzeniem do chwili obecnej, obok napędu elektrycznego.

W Polsce roboty złożone produkują: CBKO - Pruszków, roboty typów PRO-32 i PRO-80 z napędami elektrycznymi, Instytut Mechaniki Precyzyjnej - Warszawa robot typu RIMP-1000 z napędem hydraulicznym oraz MERA-PIAP Warszawa roboty typów IRb-6 i IRb-60 z napędami elektrycznymi.

Przedstawię system robotów IRb, produkowany przez Zakład Doświadczalny MERA-PIAP Warszawa według licencji szwedzkiej firmy ASEA. Baza elektroniczna tego systemu jest identyczna z bazą elektroniczną układu sterowania numerycznego obrabiarek NUCON-400, który jest produkowany w tym samym Zjednoczeniu MERA na podstawie wcześniej zakupionej licencji ASEA.

Część manipulacyjna robota IRb i urządzenia sterownicze są rozdzielone na dwa zespoły. Robot jest stosunkowo niewielki i lekki, a elektroniczny układ sterowania zamknięty w pyłoszczelnej szafie może być ustawiany osobno i chroniony w szczególnie trudnych zewnętrznych warunkach eksploatacji. Odległość między szafą sterowniczą i robotem jest ograniczona długością kabla, który w wykonaniu standardowym ma 6 m, a w specjalnym także o długości 15 m. Roboty te mają 3 lub 5 stopni swobody. Przy pięciu stopniach swobody robot wykonuje następujące ruchy:

- obrót wokół podstawy,
- obrót ramienia dolnego w płaszczyźnie pionowej,
- obrót ramienia górnego w płaszczyźnie pionowej,
- pochylanie przegubu w płaszczyźnie pionowej,
- skręcanie przegubu.

Roboty IRb są wykonywane w dwu wielkościach:

- IRb-6 ma udźwig 6 kG i jako mniejszy gabarytowo ma mniejszy zasięg,
- IRb-60 ma udźwig 60 kG i większy zasięg.

W wykonaniu specjalnym IRb-6 może mieć tor jezdny o maksymalnej długości 5,3 m, przy czym ruch ten jest sterowany podobnie jak pozostałe, stanowiąc szósty stopień swobody. Podobnie IRb-60 może mieć sterowany szósty stopień swobody, polegający na dodaniu dodatkowego przegubu, zamontowanego na przegubie standardowym i skręcanego w osi prostopadłej do przegubu standardowego.

Wszystkie elementy ruchome robota IRb-6 są napędzane niezależnie silnikami prądu stałego zasilanymi przez sterowniki tranzystorowe zainstalowane w szafie sterowniczej. W robocie IRb-60 silniki prądu stałego są zasilane przez sterowniki tyrystorowe.

Istotne znaczenie ma duża dokładność pozycjonowania, która wynosi dla robota IRb-6 ± 0,2 mm, a dla robota IRb-60 ± 0,4 mm. Układ sterowniczy cyfrowy składa się z komputera, pamięci, wejść i wyjść do przesyłania sygnałów sterujących i blokad między robotem i urządzeniami współpracującymi. Z cyfrowym układem sterowniczym współpracują sterowniki mocy do napędu silnikowego oraz układy pomiarowe robota pozwalające zapamiętać pozycje, do których zostały doprowadzone poszczególne osie robota w poszczególnych krokach programowania.

Do układu sterowniczego robota można przyłączać:

- panel programowania,
- jednostkę pamięci kasetowej, umożliwiającą rejestrowanie programów na kasetach z taśmą magnetyczną,
- dodatkową płytkę pamięci, zwiększającą pojemność pamięci o 100%,
- układ pneumatyczny do sterowania standardowego chwytaka pneumatycznego,
- panel testujący do wykrywania uszkodzeń.

Panel programowania może być wyjmowany ze swojego miejsca na zewnątrz szafy sterowniczej, co pozwala operatorowi na pewną swobodę w czasie programowania. Panel jest połączony z szafą 6-metrowym przewodem i umożliwia ręczne sterowanie ruchami robota za pomocą przycisków sterowania ręcznego. Szybkość ruchów ustala się za pomocą 4-położeniowego przełącznika obrotowego. Również za pomocą osobnych przycisków można włączać i wyłączać sygnały wyjściowe przewidziane specjalnie do sterowania chwytakiem pneumatycznym. Panel programowania umożliwia też programowanie robota za pomocą przycisków instrukcji programowych. Szesnaście przycisków umożliwia realizowanie m.in. następujących funkcji wg programu pracy robota:

- sterowanie od punktu do punktu z dokładnym pozycjonowaniem,
- sterowanie jak wyżej lecz ze zgrubnym pozycjonowaniem (zajmuje mniej miejsca w pamięci robota),
- sterowanie od punktu do punktu po liniach prostych,
- sterowanie chwytakiem,

- włączanie i wyłączanie wyjść sterujących urządzeniami towarzyszącymi (14 wyjść dla sterowania przekaźnikami + 24 V 150 mA),
- wykonywanie różnych podprogramów w zależności od stanu wejść przez wykorzystanie skoków w programie (16 wejść zerojedynkowych z czujników zewnętrznych lub urządzeń technologicznych),
- czekanie,
- wielokrotne powtarzanie dowolnego fragmentu programu,
- pobieranie i układanie przedmiotów z użyciem palet,
- wyszukiwanie przedmiotu.

Ponadto z panelu programowania można kasować zbędne instrukcje, dokonywać korekt programu oraz uzupełniać program dodając kroki pośrednie.

W wersji podstawowej pamięć dla programów użytkownika ma pojemność ok. 250 instrukcji pozycjonowania i 100 innych instrukcji.

Po ukończeniu programowania (ręcznie lub przez wczytanie z kasety zewnętrznej pamięci) program jest uruchamiany przez naciśnięcie przycisku "Start programu". Realizację programu można zatrzymać w dowolnym punkcie przez naciśnięcie przycisku "Stop programu". W wypadku przerwy w zasilaniu program jest chroniony w pamięci przez 45 minut, umożliwia to zasilanie rezerwowe z ogniw niklowo-kadmowych.

Roboty przemysłowe złożone stosuje się, między innymi, do:

- operowania przedmiotami przy ich obróbce w gniazdach technologicznych, przy wyładowywaniu ciśnieniowych maszyn odlewniczych i pieców grzewczych, przy układaniu wyrobów na paletach,
- spawania łukowego i zgrzewania punktowego,
- obróbce wykończeniowej (szlifowanie odlewów, gratowanie obrabianych części metalowych lub wyprasek z tworzyw sztucznych),
- polerowania.

W obsłudze ciśnieniowej maszyny odlewniczej, typowymi funkcjami robota są: uchwycenie chwytakiem i wyjęcie gotowego odlewu, ochłodzenie go, podanie do prasy odcinającej wlewkę oraz ewentualna obróbka wykończeniowa odlewu za pomocą odpowiednio rozmieszczonych narzędzi. Ponadto robot steruje cyklem pracy maszyny odlewniczej i urządzeń towarzyszących, w miarę potrzeby smaruje formę za pomocą zespołu dysz rozpylających smar, sprawdza jakość odlewu odrzucając niekompletne sztuki itp. W wypadku zastosowania robota maszyna odlewnicza musi być wyposażona w urządzenie do automatycznego dozowania ciekłego metalu.

Przy spawaniu łukowym w ochronie gazowej, na ramieniu robota umieszcza się końcówkę spawalniczą spawarki automatycznej przystosowanej do robota. Urządzenie spawalnicze jest wyposażone w automatyczny podajnik drutu (elektrody). Do spawania łukowego za pomocą robotów IRb dostosowane są spawarki automatyczne szwedzkiej firmy ESAB. Obecnie prowadzi się w kraju prace nad dostosowaniem polskich spawarek do robotów IRb. Zastosowanie robotów IRb do spawania łukowego jest bardzo korzystne, ponieważ wykonują one sprawnie i szybko spawy wysokiej jakości w miejscach trudno dostępnych. Specjalne mechanizmy programowe umożliwiają zaprogramowanie skomplikowanych ruchów potrzebnych do uzyskania właściwej spoiny. Należy jednak pamiętać, że prawidłowe wykorzystanie robota spawalniczego jest uwarunkowane zastosowaniem stołu obrotowego. W czasie gdy robot spawa, po drugiej stronie stołu operator oddzielony ekranem przygotowuje montaż zespołu do spawania. Po zakończeniu spawania poprzedniego zespołu, przekręcając stół o 180° operator posuwa nowy zespół.

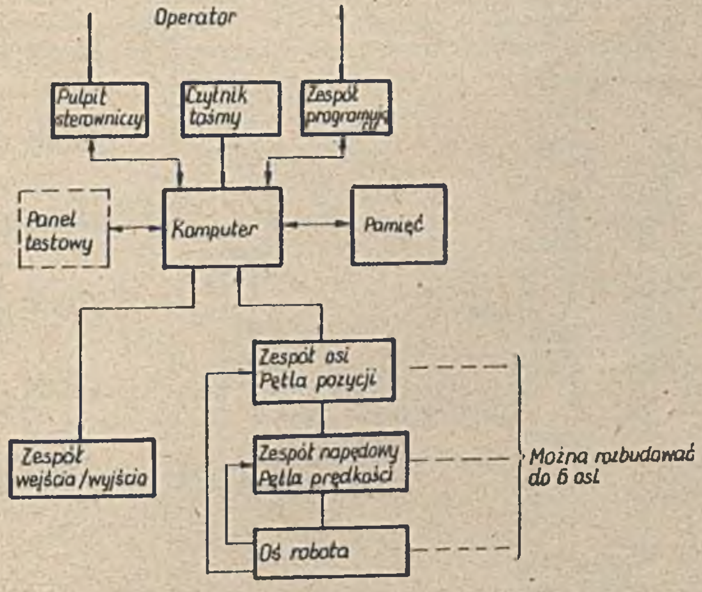
O ile do spawania łukowego wystarczą roboty małe IRb-6, do zgrzewania punktowego należy stosować jedynie roboty o dużym udźwigu, tzn. IRb-60. Są one specjalnie przystosowane do tego celu przez wyposażenie w elektrody zgrzewające z odpowiednim mechanizmem docisku. Transformator spawalniczy na ramieniu robota jest umieszczony tak, że obciążenie ramienia wynosi ok. 190 kG. Robot ten jest wyposażony w urządzenie informujące o zużyciu elektrod, przy czym program zapewnia korekty w pozycjonowaniu w zależności od tego zużycia. Wyposażenie spawalnicze robotów w IRb do zgrzewania punktowego opracowały wspólnie firmy ASEA i ESAB.

Gratowanie lub szlifowanie można wykonywać za pomocą robotów po zamocowaniu odpowiednich urządzeń na ramieniu robota (przedmiot obrabiany zamocowany w uchwycie na stole) lub po zamocowaniu

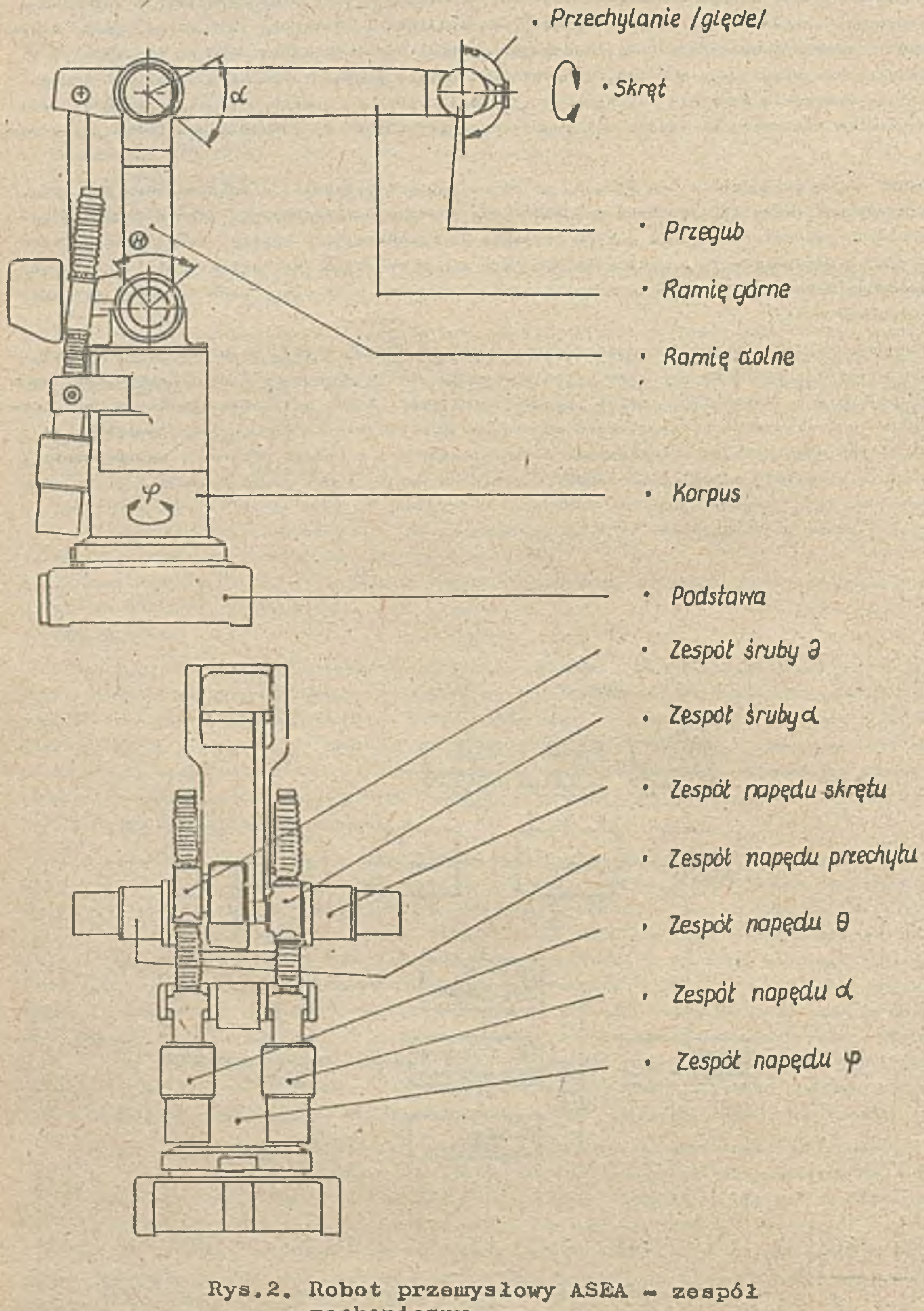
urządzeń na stole (robot trzyma przedmiot we własnym chwytaku). Do gratowania stosuje się frezy z wysokoobrotowymi napędami (ok. 50 000 obr/min), do szlifowania - tarcze ścierne napędzane małymi silniczkami. W celu kompensacji zużycia narzędzi napędy są zamocowane w sposób elastyczny, a ruchy robocze robota programuje się tak, żeby w ciągu całego procesu obróbki narzędzie w kontakcie z obrabianą krawędzią uchylało się sprężyście. Jeśli robot ma operować przedmiotem musi być rozwiązany problem dostarczenia ściśle ukierunkowanego przedmiotu do punktu pobrania go przez robota.

Polerowanie można prowadzić w ten sposób, że robot pobiera przedmiot z transportera lub palety i podkłada go pod taśmę lub szczotkę polerską (dla przemiotów większych). Użycie szczotek polerskich i dużych przedmiotów wymaga dużych nacisków na szczotki. Aby uzyskać stałą siłę docisku przy jednoczesnym manipulowaniu przedmiotem dokonuje się w robotach IRb "zmiękczenia" charakterystyki serwomechanizmów przez dokonanie odpowiednich przełączeń w układach regulacyjnych tyrystorowych sterowników mocy.

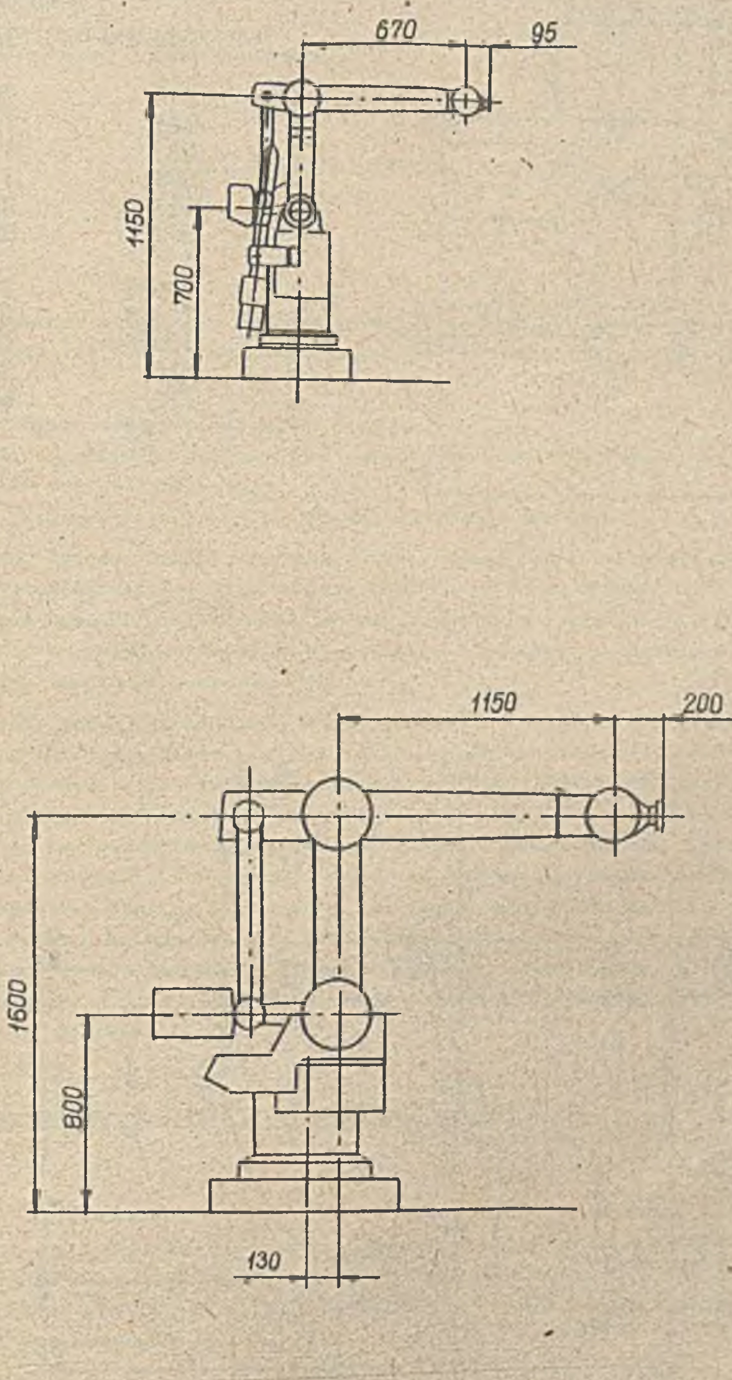
Z pobieżnego przeglądu powyższych zastosowań robotów złożonych widać, że niemal przy każdym zastosowaniu występują problemy związane z koniecznością użycia wyposażenia dodatkowego tzn. transformatorów, podajników, zasobników, palet, stołów obrotowych. Każde zastosowanie robota jest problemem samym w sobie i wymaga szczegółowych opracowań. Niezależnie od tego należy pamiętać, że roboty o większych udźwigach są urządzeniami niebezpiecznymi i w każdym projekcie zastosowania robota powinny się znaleźć odpowiednie zabezpieczenia chroniące ludzi przed kolizją z pracującym robotem.



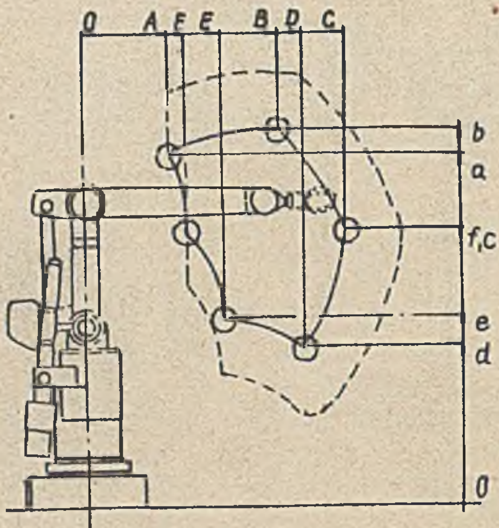
Rys. 1. Schemat blokowy układu sterowniczego



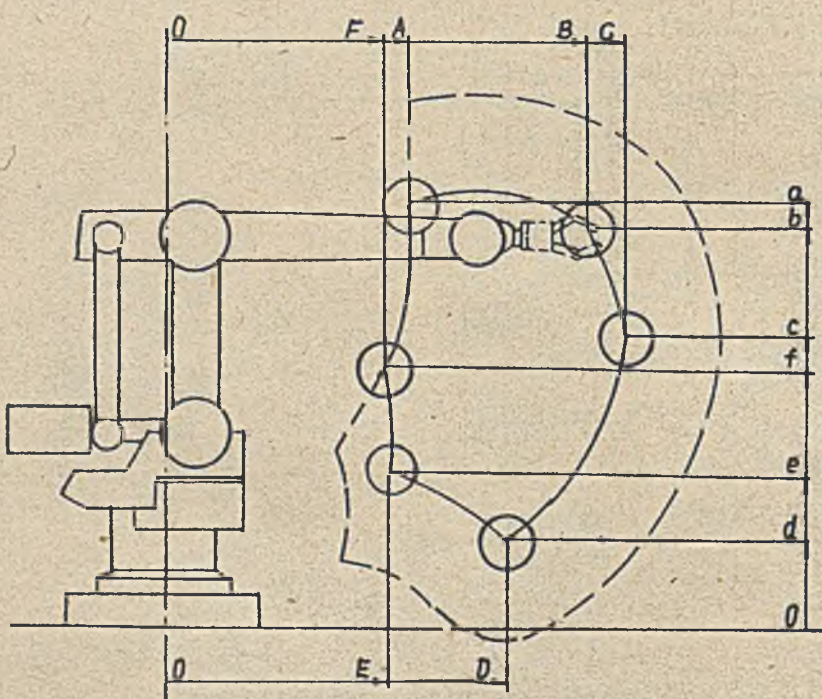
Rys.2. Robot przemysłowy ASEA - zespół mechaniczny



Rys.3. Wymiary zespołu mechanicznego



	IRb-6	IRb-60
A	317	990
B	723	1 720
C	860	1 890
D	803	1 400
E	513	930
F	380	900
a	1 328	1 750
b	1 418	1 655
c	1 045	1 215
d	615	370
e	720	645
f	1 045	1 065



Rys.4. Zakres roboczy robota ASEA

mgr inż. Franciszek NOWAK
Zakłady Automatyki Przemysłowej MERA-ZAP
im. Juliana Marchlewskiego, Ostrów Wielkopolski

Systemy programowanego sterowania

Wprowadzenie

Systemy programowanego sterowania PC (programmable controllers) wprowadzono do produkcji w wielu firmach USA na początku lat siedemdziesiątych. Zdecydowały o tym czynniki techniczno-ekonomiczne:

- wysoka pewność eksploatacyjna sprzętu,
- duża elastyczność i możliwość dostosowania sprzętu do potrzeb użytkownika,
- taniość i prostota sprzętu automatyki,
- uwzględnienie w rozwiązaniach bazy elementowej dostępnej na rynku.

Ponieważ systemy programowanego sterowania PC są w danej chwili wprowadzane w Europie Zachodniej a także należy spodziewać się wprowadzenia w Polsce systemu INTELSTER PC-4K zakupionego w firmie PILZ & Co. pod nazwą PITRONIK PC-4K, należy liczyć się z wieloma głosami przeciwnymi, co do celowości stosowania systemu w układach sterowania. Wiąże się to głównie z pewnym tradycjonalizmem oraz z wyższymi kosztami nowej techniki.

W pierwszym okresie produkcji systemy PC były stosowane wyłącznie w stosunkowo dużych instalacjach; wynikało to głównie z poziomu kosztów i braku w pierwszym okresie przewagi z racji konkurencyjności systemu PC nad innymi systemami sterowaniami takimi, jak np. sztywnoprogramowane układy elektroniczne czy przekaźnikowe układy logiczne. Z badań [1] wynika, że zastosowanie systemów PC coraz bardziej wypiera układy sztywnoprogramowane i przekaźnikowe. Obszary zastosowań systemów PC w zależności od kosztów automatyki i kosztów kompletnych maszyn i urządzeń przedstawiono na rys. 1. Z przedstawionego wykresu wynika, że będzie następował intensywny rozwój systemów programowanego sterowania, co spowoduje zmniejszanie się zastosowania systemów przekaźnikowych i sztywnoprogramowalnych elektronicznych. Drugim czynnikiem, który będzie decydował o stosowaniu systemów PC w automatyzacji jest duża elastyczność i możliwość dostosowania sprzętu do aktualnych potrzeb rynku, głównie eksportu.

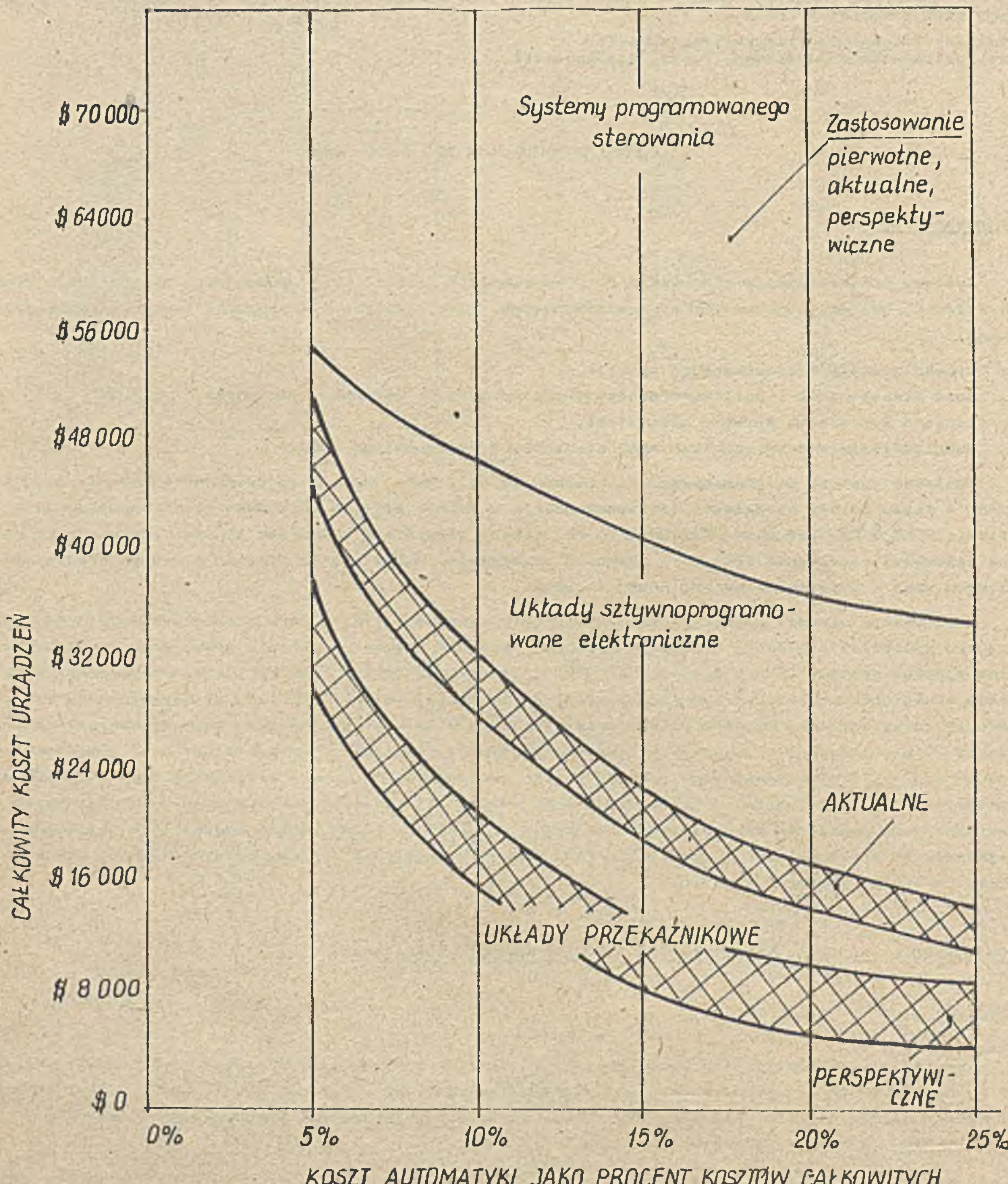
Charakterystyka funkcjonalna systemów programowanego sterowania

Budowa

Rozwiązania mechaniczne są konstrukcjami modułowymi o różnych standardach płytek drukowanych. W Europie Zachodniej liczni producenci produkują systemy wg standardu EUROPA CARD. Do takich producentów należą SIEMENS, AEG-TEK, BBC, PILZ. W USA jedno producenci produkują wg standardów EUROPA-CARD, a inni wg własnych norm.

W kasetach znajduje się dużo elementów wyciskanych lub z tworzyw sztucznych, co znacznie obniża koszty produkcji, a otrzymywane tą drogą elementy mechaniczne są elementami powtarzalnymi. W produkcji zastosowano nowoczesną bazę elementową, której reprezentantami są:

- pamięci półprzewodnikowe RAM i REPROM
- elementy scalone C-MOS
- elementy optoizolacyjne
- nowoczesne elementy elektromechaniczne o dużej niezawodności
- zasilacze stabilizowane przetwarzające prąd stały na prąd stały o innym napięciu (wynika to z zastosowania elementów REPROM i C-MOS).



Rys. 1. Wykres zależności kosztów urządzeń od kosztów automatyki

W związku z zastosowaniem we wszystkich systemach podobnej bazy elementowej, systemy te, przy zachowaniu takiej metody produkcji i testowania umożliwiają osiąganie zbliżonych parametrów niezawodnościowych kompletnych systemów. Wysoką jakość uzyskano przez zastosowanie wydajnych testerów automatycznych.

Struktura ogólna

Systemy programowalnego sterowania są specjalistycznymi systemami cyfrowymi przystosowanymi do realizacji zadań sterowania binarnego w automatyce; składają się z czterech podstawowych bloków:

- jednostki centralnej
- pamięci programu
- wejściowego bloku sprzęgającego
- wyjściowego bloku sprzęgającego.

Jednostka centralna na podstawie informacji o stanie wejść z obiektu wypracuje odpowiednie sygnały wyjściowe, sterujące elementami wykonawczymi obiektu, zgodnie z algorytmem sterowania umieszczonym w pamięci programu. Sterowanie programowalnych i łatwo wymazywalnych pamięci typu REROM w połączeniu z maksymalnie uproszczonym językiem programowania i prostą obsługą urządzeń programowalnych pozwala na szybkie i łatwe wprowadzenie zmian w algorytmie sterowania. Struktury programowanego sterowania są do siebie bardzo podobne. Różnice występują w rozwiązaniach ideowych schematów lub wynikają z rozbudowy systemu. Strukturę systemów omówiono na podstawie systemu PC-4K produkcji MERA-ZAP. Struktura ogólna systemu jest przedstawiona na rys. 2.

Układy jednostki centralnej są taktowane impulsami taktującymi, których częstotliwość zależna jest od czasu dostępu do pamięci REPROM. W jednostce centralnej znajduje się licznik rozkazów oraz układy rejestrów indeksowych. W liczniku rozkazów znajduje się adres komórki pamięci programu zawierającej następny w kolejności rozkaz do wykonania. Licznik rozkazów zwiększa swą zawartość o jeden po każdym przesłaniu adresu do pamięci programu. Umożliwia to wykonanie kolejnych następnych rozkazów umieszczonych w pamięci programu. Po zaadresowaniu wszystkich rozkazów, licznik jest ustawiony na adres pierwszego rozkazu programu i adresuje program od początku. W ten sposób program jest wykonywany cyklicznie w pętli. Słowo adresowe ma długość 12 bitów, co pozwala na zaadresowanie maksymalnie $2^{12} = 4096$ 4k słów 16 bitowych rozkazów. Rozkazy są pamiętane w pamięci REPROM i mają słowo 16 bitowe. Część słowa jest wykorzystana do zakodowania rodzaju operacji, a część do zapisania parametru.

Adresowanie modułów WE/WY odbywa się w ten sposób, że bity $2^0 - 2^8$ słowa rozkazowego będące argumentem rozkazu podawane są z wyjść adresowych modułu jednostki centralnej do modułu taktującego.

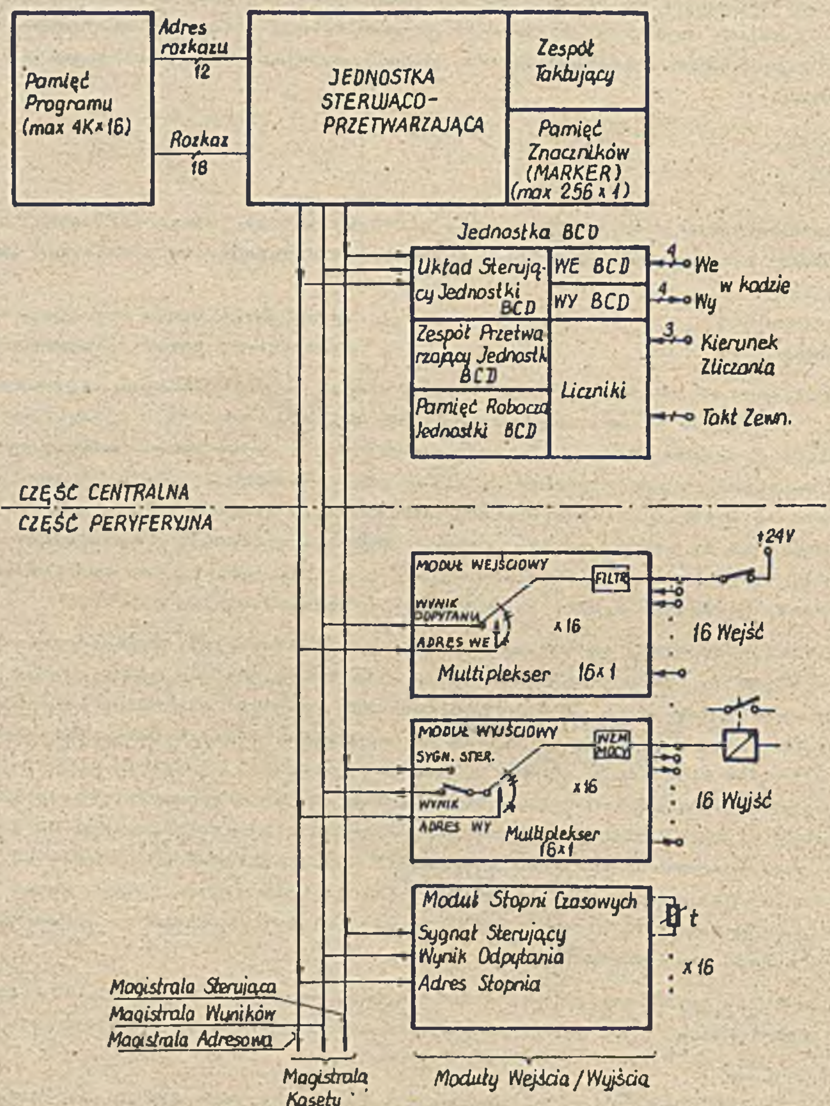
W module taktującym bity $2^0 - 2^3$ są negowane i następnie podawane na magistralę adresową kasety, 4 bity umożliwiają 16 układów WE/WY każdego modułu. Podawane są one równocześnie na wejście adresowe wszystkich modułów. Bity $2^4 - 2^8$ przesyłane są do dekodera. Pamięć znaczników umieszczona w module taktującym jest wykorzystana jako pamięć pomocnicza do zapamiętywania stanów wejść i wyjść oraz wyników pośrednich.

Pamięć adresowa jest jak moduły wyjściowe i stąd wynika zależność, że suma adresowanych wyjść i komórek pamięci nie może być większa niż 496, co jest maksymalną liczbą wyjść możliwą do zaadresowania. Szczegółowe dane systemu podano w katalogu MERA-ZAP [2].

Oprogramowanie systemu PC

Oprogramowanie systemu PC różni się znacznie od kłopotliwego dla wielu osób programowania komputerów.

Systemy PC mają języki problemowo zorientowane na poziomie assemblera. Każdy system ma odrębny język i nie da się ich ujednolicić, gdyż wynikają one w wielu wypadkach z rozwiązań konstrukcyjnych oraz przeznaczenia. Jest to w pewnym stopniu wadą systemów, lecz z drugiej strony oprogramowanie to jest tak proste dla poszczególnych typów systemów, że nauka podstaw trwa około 1 tygodnia.



Rys. 2. Struktura ogólna systemu PITRONIK

Programowanie w systemie INTELSTER. PC-4K

- Wpisywanie z klawiatury listy rozkazów do pamięci RAM w urządzeniu testująco-programującym.
- Kasowanie w dowolnym punkcie programu wybranego, ewentualnie nieprawidłowego rozkazu; numer adresu ulegnie zmianie automatycznie.
- Testowanie i symulacje dowolnych wejść i wyjść z obiektu.
- Przed załączeniem systemu do obiektu i zaprogramowaniem pamięci REPROM jest możliwe podłączenie urządzenia testująco-programującego do systemu PC-4K i sprawdzenie pracy za pomocą urządzenia testująco-programującego.

Są to tylko niektóre funkcje ułatwiające realizację oprogramowania, gdyż oprogramowanie wg firmy PILZ nie oznacza rozpisania listy rozkazów lecz posiadanie sprzętu, który umożliwi łatwą kontrolę i sprawdzanie.

W celu oddania systemu do eksploatacji należy postępować następująco:

- przygotować niezbędny algorytm w postaci sieci działań, flowdiagramu, opisu matematycznego, o-

pisu słownego, schematu logicznego w postaci zestyków, przekaźników itp. po prostu należy wykonać opis algorytmu ; oczywiście najłatwiejszą sprawą dla producenta byłoby przedstawienie algorytmu w postaci sieci działań, z której mógłby bezpośrednio pisać program; wg doświadczeń firm produkujących systemy PC jest to zagadnienie trudne do zrealizowania;

- na podstawie algorytmu sporządzić program w języku systemu wykonując ewentualne uzgodnienia, korekty i napisać dostarczony algorytm w innej, łatwiejszej dla siebie postaci;
- zaprogramować urządzenie za pomocą urządzenia testująco-programującego, wpisując konkretne, wynikające z programu instrukcje;
- sprawdzić algorytm i program na stanowiskach symulacyjnych z udziałem odbiorcy;
- zainstalować system u klienta i dokonać ewentualnych poprawek.

Oceniając poszczególne fazy realizacji systemu PC powinien być taki, aby nie wprowadzał komplikacji u klienta i producenta. Ze znanych systemów najlepiej rozwiązane te zagadnienia ma system INTELSTER PC-4K.

Ze wszystkich przytoczonych wyżej faz oddania systemu do klienta szczegółowo zostanie omówiony etap programowania. Na podstawie napisanego programu w języku systemu wpisujemy program do urządzenia testująco-programującego i dla uniknięcia ewentualnego skasowania pamięci RAM, wskutek nieprawidłowego odłączenia napięcia zasilania, przepisujemy całość programu w pamięć magnetyczną, którą jest magnetofon stereofoniczny; nagrywamy tekstem jawnym co program zawiera. Następnie dokonujemy symulacji programu przez zadawanie kombinacji wejść na system PC-4K, podłączony do urządzenia testująco-programującego. Po dokonaniu ewentualnych korekt przepisujemy gotowy program do pamięci kasetowej i następnie z urządzenia testująco-programującego, przez programator REPROM, programujemy pamięci elektroniczne i system jest gotowy do pracy.

Dla celów archiwalnych dokonujemy zapisu programu na drukarce. Wydruk zawartości pamięci programów pozwala na posiadanie aktualnej dokumentacji programu, co ręcznie przy wielokrotnych poprawkach nie jest łatwe do prawidłowego przeprowadzenia.

Z pozoru są to sprawy błahe, jednak tak komplikujące wdrożenie, że systemy PC, które nie mają łatwego programowania (jak np. opisany system INTELSTER PC-4K) można dyskwalifikować.

Wśród znanych systemów, które nie mają możliwości przeprowadzenia wyżej wspomnianego programowania, należy wymienić systemy PROMATOC-700 firmy ASEA.

Osoby, które mają duże doświadczenie w zakresie programowania komputerów, wyrażają pogląd, że programowanie systemów PC to programowanie tzw. "na piechotę", że nic tutaj nie można wykonywać za pomocą języków wyższych rzędów, Nie jest to słuszne, chociaż rzeczywiście w tym wypadku nie jest wymagane programowanie tak skomplikowane, a tworzenie języków wyższych rzędów do programowania prostych operacji należy uznać za nieporozumienie. Oczywiście, należy tworzyć i tak firmy produkujące postępują biblioteki typowych programów. W MERA-ZAP, w miarę zdobywania doświadczeń, również takie prace będą prowadzone.

Miejsce systemów programowanego sterowania w hierarchicznym systemie sterowania

Jak przedstawiono wyżej, systemy PC umożliwiają realizację wszystkich układów logicznych, które występują w sterowaniu procesami technologicznymi.

Istnieje kilka systemów, które umożliwiają przetwarzanie sygnałów wejściowych przedstawionych w kodzie BCD. Wówczas zastosowania systemów PC są rozszerzone o funkcje typu zliczanie ilości oraz porównywanie z wartością zadaną.

Większość systemów PC umożliwia współpracę z urządzeniami minikomputerowymi. Istnieją moduły w postaci interfejsów dla konkretnych minikomputerów lub uniwersalne moduły do transmisji danych np. UART, które przez odpowiednie oprogramowanie umożliwiają komunikację z minikomputerem.

Struktury hierarchiczne mają zastosowanie w kompletnych, całkowicie zautomatyzowanych liniach produkcji, gdzie istnieje wzajemne uwarunkowanie gniazd produkcji, np. zautomatyzowana linia spa-

walnicza w dużym zakładzie produkującym samochody, w którym systemy PC mogą być zastosowane do sterowania pojedynczymi gniazdami, natomiast całość jest koordynowana przez komputer nadrzędny. Podobnym przykładem może być automatyzacja produkcji żarówek, gdzie jeden system steruje jedną nitką produkcji, a nad całością pracy zakładu, w tym również nad pracą magazynu, czuwa komputer.

Ocena możliwości zastosowania systemów PC w automatyzacji przemysłu maszynowego

W przemyśle maszynowym można wydzielić dwie podstawowe grupy prac, które można automatyzować za pomocą systemów programowanego sterowania.

- Transport występujący w procesach technologicznych, mycie i malowanie, obróbka galwaniczna oraz spawanie i zgrzewanie. Procesy te jako powtarzalne i pracochłonne wymagają zatrudnienia wielu pracowników o niskich kwalifikacjach, niektóre prace stwarzają duże zagrożenie dla zdrowia ludzkiego.
- Procesy obróbki mechanicznej detali i elementów o nieskomplikowanych kształtach lecz w dużych ilościach, z potrzebą wprowadzania zmian, głównie wskutek zamówień eksportowych.

Główne kryteria i możliwości zastosowania systemów PC dla automatyzacji procesów podano na początku opracowania. Należy również uwzględnić ogólny poziom kultury technicznej w zakładzie, gdyż zainstalowanie nowoczesnego sprzętu automatyki przy tradycyjnych, mało wydajnych urządzeniach pod podstawowych nie ma sensu, gdyż wniesione koszty oraz czas ludzki nie będą owocowały. Ważną sprawą jest posiadanie odpowiedniej jakości przetworników dwustanowych takich, jak presostaty i termostaty, styczniki i przekaźniki. Elementy te decydują o niezawodności całości instalacji; z dotychczasowych doświadczeń wynika, że z samymi systemami PC nie ma problemu. Natomiast istnieją problemy z elementami wykonawczymi. System INTELSTER PC-4K, produkowany przez MERA-ZAP, spełnia wszystkie wymagania stawiane przez odbiorców przemysłu maszynowego z wyjątkiem wielkości napięć wejściowych/wyjściowych, które powinny wynosić do 110 VAC.

Możliwości rozwoju systemów PC

Systemy programowanego sterowania PC będą w najbliższym czasie rozwijane w dwóch niżej omówionych kierunkach.

- Wprowadzenie mikroprocesorów

Mikroprocesory obecnie produkowane są zbyt wolno do sterowania z tak dużymi szybkościami, jak to zapewniają systemy z jednostkami centralnymi w technice TTL. Należy się jednak spodziewać wyprodukowania mikroprocesorów o innej konfiguracji umożliwiającej sterowanie z większymi prędkościami i o organizacji przyjętej w systemach PC. Mikroprocesory powinny znaleźć również zastosowanie w modułach czasowych, transmisji szeregowej oraz urządzeniach do testowania i programowania.

- Rozwiązania mające na celu obniżenie kosztów

Decydującymi czynnikami o kosztach systemu są koszty modułów wejścia i wyjścia, kaset, zasilaczy i okablowania. Należy także wymienić tu koszty oprogramowania, które wynosi do 50% całości instalacji.

Przemysł maszynowy potrzebuje systemu o ograniczonej liczbie wejść/wyjść, maksimum 64/32, o rozwiązaniu jednopłytowym tzn. bez kasety lub w rozwiązaniu modułowym. Takie rozwiązania powinny wkrótce ukazać się na rynku systemów PC, w tym również w Polsce.

Należy jeszcze raz podkreślić, że istotnym czynnikiem decydującym o zastosowaniu systemu PC jest poziom kosztów w powiązaniu z kosztami całkowitymi urządzenia + automatyka.

Wnioski

- Na podstawie literatury katalogowej należy wnioskować, że systemy programowanego sterowania

PC są optymalnym środkiem automatyzacji przemysłu maszynowego. Firma SIMENS instaluje do 4000 systemów różnego typu, dla różnych odbiorców rocznie; firmy takie jak ASEA, BBC Struthus-Dunn zainstalowały ponad 1000 systemów.

- Zapotrzebowanie krajowe dla przemysłu maszynowego wynosi 500 systemów. Jest to na razie stosunkowo mało, lecz będzie wzrastać prawdopodobnie do poziomu 2000 szt. rocznie.
- Bardzo ważną rzeczą, która ułatwia zastosowanie systemu jest jego uniwersalność, w związku z tym powstają zagadnienia szkolenia, projektowania montażu, uruchomienia itp.
- Umiejętne zastosowanie urządzeń peryferyjnych takich, jak pamięci magnetyczne, czytniki taśm i in.; istnieje możliwość rozszerzenia zastosowań do sterowania robotami przemysłowymi.

Literatura

[1] S-D 77/64 PLC Firma Struthers-Dunn System

[2] Katalog system PC-4K. MERA-ZAP-MONT

[3] Systemy programowo-logicznego sterowania dla potrzeb przemysłu maszynowego. Opracow. mgr inż. Franciszek Nowak

[4] DYRON K.: Ledgurwood-Trends in Control. Computer Eng. 1975 nr 1

[5] SMITH D.L.: The problem with programmable Controllers. Computer Eng. 1973 nr 8.

dr inż. St. BONKOWICZ-SITTAUER
mgr Aleksander KAMIŃSKI
Instytut Maszyn Matematycznych

Automatyzacja technicznego przygotowania produkcji

Zautomatyzowane systemy technicznego przygotowania produkcji - przeznaczenie, funkcje i struktura

Mówiąc o zautomatyzowanych systemach technicznego przygotowania produkcji (ZSTPP) w przemyśle maszynowym mamy na myśli zbiór metod, algorytmów, środków technicznych i przedsięwzięć organizacyjnych połączonych w komputerowo wspomagany system, którego celem jest skrócenie czasu, obniżenie kosztów i zwiększenie efektywności następujących czynności przedprodukcyjnych:

- wytwarzanie dokumentacji technicznej i planistycznej,
- wytwarzanie specjalistycznego oprzyrządowania technologicznego,
- zaopatrzenie materiałowe,
- organizacja stanowisk pracy i całego procesu technologicznego i produkcyjnego,
- opracowanie harmonogramów cyklu produkcyjnego,
- innych technologicznych i organizacyjnych przedsięwzięć niezbędnych do realizacji technologicznych procesów wytwarzania detali i montażu wyrobu.

Efektywność stosowania ZSTPP znacznie wzrasta, jeśli są one wykorzystywane w ramach zintegrowanych komputerowo wspomaganych systemów projektowania i sterowania produkcją. Ocenia się, że np. w systemach komputerowo wspomaganego wytwarzania programów obróbki dla obrabiarek sterowanych numerycznie, zastosowanie autonomicznego ZSTPP (np. APT) w stosunku do ręcznego wytwarzania tych programów zwiększa wydajność mniej więcej dziesięciokrotnie, natomiast przy przejściu do systemów zintegrowanych, wydajność w stosunku do systemów autonomicznych wzrasta 5-7-krotnie. Należy jednakże być świadomym faktu, że w chwili obecnej ZSTPP przeważnie są systemami autonomicznymi i że celowość tworzenia takich autonomicznych systemów jeszcze przez wiele lat będzie trudne do podważenia.

Mimo to, w zautomatyzowanym systemie technicznego przygotowania produkcji, należy przewidzieć możliwość ich współdziałania z innymi systemami TPP i systemami projektowania i sterowania produkcją. Potrzebę wydzielenia funkcji współdziałania z innymi systemami w ZSTPP wzmacnia dążenie do unifikacji, standaryzacji i normalizacji m.in. oprogramowania tych systemów, która to własność ZSTPP będzie miała istotne znaczenie przy tworzeniu zintegrowanych systemów zarządzania i sterowania produkcją.

Techniczne przygotowanie produkcji w zautomatyzowanych systemach jest złożonym procesem przetwarzania informacji o najrozmaitszej postaci, formatach i treści, przy czym, najogólniej wydzielić możemy to dwie klasy informacji:

- informacje stałe (niezmienne dla klasy zadań charakteryzujących się stałymi warunkami produkcji) - zawierające: normy, katalogi, tablice współczynników, informacje o oprzyrządowaniu, parametry materiałowe;
- informacje zmienne - związane z konkretnymi rozwiązaniami projektowymi.

Z powyższego wynika, że w każdym ZSTPP można wydzielić: funkcje wyszukiwania i funkcje przetwarzania danych. Stwierdzenie to jest istotne w tym sensie, że podkreśla rolę i znaczenie małych banków danych (MBD) oraz systemów wyszukiwania informacji, a tym samym sugeruje nietypową dla klasy systemów sterowania, w przeciwstawieniu do klasy systemów informatycznych, konfigurację sprzętowo-programową systemu TPP.

Ponieważ nadrzędnym kryterium oceny optymalności otrzymanych w wyniku działania ZSTPP, projektów technologicznych jest ich efektywność ekonomiczna, a ponadto po każdej fazie tworzenia projektu technologicznego, wymagane jest stwierdzenie zgodności projektu technologicznego z projektem

konstrukcyjnym i założeniami, modelowanie itp., to w ZSTPP wydzielić można funkcje obliczeń technicznych i ekonomicznych.

W wielu publikacjach można spotkać się ze stwierdzeniem, że ZSRPP ograniczają się wyłącznie do funkcji:

- technologicznego projektowania i
- projektowania specjalizowanego oprzyrządowania technologicznego*.

Nie wdając się w szczegółową polemikę odnotujemy jedynie, że wydzielenie funkcji obliczeń technicznych i ekonomicznych, jako niezbędnej funkcji ZSTPP, podważa zasadność takiego twierdzenia.

Reasumując, w ZSTPP można wyróżnić następujące funkcje:

- technologicznego projektowania,
- projektowania specjalizowanego oprzyrządowania technologicznego,
- obliczeń technicznych i ekonomicznych,
- wyszukiwania i przetwarzania danych,
- współdziałania z innymi systemami TPP i z systemami projektowania wyrobów oraz z systemami zarządzania i sterowania produkcją.

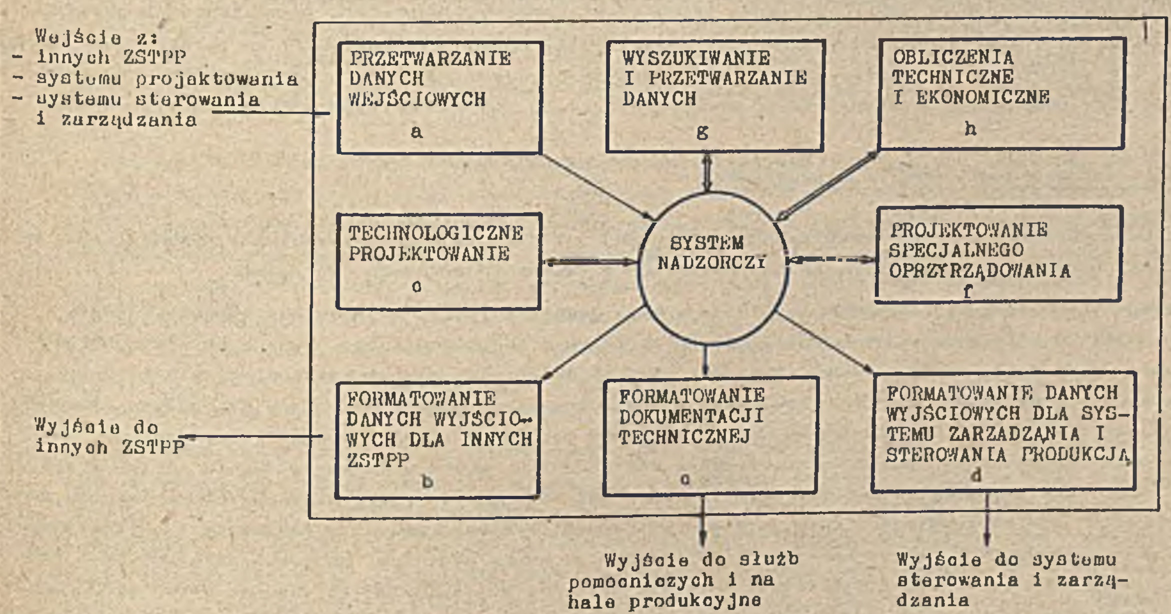
Wyróżnienie pięciu ww funkcji ZSTPP znajduje swoje odzwierciedlenie w strukturze blokowej takiego systemu (rys. 1).

W całym schemacie można wydzielić trzy grupy bloków:

- bloki sprzężeń z innymi systemami i otoczeniem,
- bloki funkcjonalne związane z konkretną dziedziną zastosowań,
- bloki pomocnicze.

Do pierwszej grupy należą następujące bloki:

a) przetwarzania danych wejściowych,
b) formatowania danych wyjściowych dla innych ZSTPP,
c) formatowania dokumentacji technicznej,
d) formatowania danych wyjściowych dla systemu zarządzania i sterowania produkcją.



Rys. 1: Ogólna struktura blokowa ZSTPP

*Merytorycznie funkcje te należą do klasy zagadnień projektowania konstrukcji

Do drugiej grupy należą bloki:

e) technologicznego projektowania,
f) projektowania specjalnego oprzyrządowania.

Do grupy trzeciej należą bloki:

g) wyszukiwania i przetwarzania danych,
h) obliczeń technicznych i ekonomicznych.

Kilka dodatkowych uwag pragniemy poświęcić pierwszej grupie bloków sprzężenia z innymi systemami i otoczeniem (a,b,c,d). Dane wejściowe dostarczane są do ZSTPP z najrozmaitszych źródeł i w najbardziej różnorodnej postaci. Spotkamy się tu z danymi przekazywanymi w postaci fonicznej, wykresami, rysunkami technicznymi, taśmami perforowanymi, kartami, sygnałami elektrycznymi, blokami pamięci, które trzeba będzie przesłać z jednej pamięci do drugiej itp. Do przekazania każdego z ww rodzajów danych wymagane są specjalne urządzenia, metody, oprogramowanie itp. W trakcie przekazywania informacja może ulec zniekształceniu, zdezaktualizować się itp., co z kolei wymaga specjalnych środków stwierdzenia jej poprawności. Z kolei informacja wyjściowa również może przybierać najrozmaitsze formy wydawnicze - rysunków, taśm komunikatów, sygnałów elektrycznych itp. O ile jednak sprzętowo programistyczne aspekty wprowadzania i wyprowadzania danych we współczesnej technice komputerowej są w miarę opanowane, o tyle problemy specjalnych języków komunikacji człowieka, specjalisty w różnych dziedzinach wiedzy z systemem komputerowym, a także niektóre psychologiczne i ergonomiczne aspekty stosowania techniki komputerowej w takich systemach, jak ZSTPP wymagają dopracowania zarówno teoretycznego, jak i wypracowania odpowiednich metod praktycznych.

Podsumowując wstępne uwagi o przeznaczeniu, funkcjach i strukturze ZSTPP pragniemy podkreślić jeszcze raz wielką użyteczność systemów tej klasy i na poparcie tego stwierdzenia przypomnieć jeszcze raz, że w sterowaniu numerycznym obrabiarkami, bez zautomatyzowanych systemów wytwarzania programów obróbki nie można byłoby osiągnąć więcej niż sterowanie obrabiarkami w 2 1/2 osiach.

Po ogólnym scharakteryzowaniu zagadnień (ZSTPP) automatyzacji prac systemów technicznego przygotowania produkcji skoncentrujemy się na obszarze zagadnień związanych z oprogramowaniem użytkowym systemów automatycznej generacji programów oc* oraz systemów gospodarki zbiorami stałych danych technologicznych. Z punktu widzenia użytkowników systemów oczywiste jest silne ich powiązanie. Niemniej treść, struktura wewnętrzna, organizacja, sposób eksploatacji, są bardzo różne; różne są też metody ich tworzenia. I warto sobie zdawać sprawę z rodzajów i klas problemów występujących przy podejmowaniu przedsięwzięć tworzenia takiego lub innego typu oprogramowania użytkowego.

Systemy automatycznej generacji programów oc

Liczba obrabiarek sterowanych numerycznie (OSN) już obecnie zainstalowanych w przemyśle krajowym jest bardzo znaczna, a w najbliższych latach ma wzrosnąć przeszło dwukrotnie.

Pełne i sensowne wykorzystywanie OSN-ów wymaga angażowania ich w prace nad obróbką różnorodnych detali - gdyż w przeciwnym razie tzn. przy małym zróżnicowaniu obrabianych detali - sprowadza się je do roli automatu obrabiarkowego, co jest oczywistym marnotrawstwem. W związku z tym, opierając się na doświadczeniach krajowych i zagranicznych trzeba przyjąć, że dla jednej obrabiarki należy opracowywać rocznie od 20 do 30 programów oc. Są to liczby ogromne i bez systemów komputerowego wspomagania tych prac praktycznie niewykonalne, aczkolwiek wprowadzanie takich systemów rodzi nowe problemy, o których będzie mowa w dalszej części pracy. Dlatego też na świecie od kilkunastu już lat powstają i rozwijają się różnorodne systemy (wraz z odpowiednimi językami) komputerowo wspomagające proces powstawania programu oc, zwane systemami programowania OSN-ów. Także już w 1969 r. na świecie istniały 33 takie systemy. Doprowadziło to zarówno wśród producentów obrabiarek, jak i wśród użytkowników do uświadomienia konieczności pewnej standaryzacji języków programowania OSN-ów. W 1968 r. na Konferencji ISO podjęto taką próbę opartą na językach: APT, EXAPT 2CL oraz IFAPT.

---

* Programy oc - obróbki części (detalu)

W Polsce systemy automatycznego generowania programów oc pojawiają się od początku lat siedemdziesiątych.

- APT IV oraz związane z nim ADAPT, AUTOPOL i AUTOPOST sprowadzony do kraju w 1971 r. wraz z oprogramowaniem komputerów IBM. APT IV jest przeznaczony do sterowania wiertarkami, tokarkami i centrami obróbczymi, sterowanymi w 2 do 5 osi - system APT jako przykład będzie omówiony szerzej w dalszej części opracowania.

- Systemy NEL-2CL - opracowane w Wielkiej Brytanii jako adaptacja na komputery ICL pewnych fragmentów APT, do kraju sprowadzone w 1975 r. w ramach oprogramowania komputerów ODRA serii 1300.

- Systemy EXAPT w wersjach najprostszej o nazwie BASIC-EXAPT służy do programowania wiertarek, tokarek, frezarek itp., sterowanych 2 1/2 osiach; EXAPT-1 dla wiertarek ze sterowaniem punktowym i odcinkowym; EXAPT - 1.1 dla wiertarkofrezarek ze sterowaniem ciągłym w 2 1/2 osiach; EXAPT-2 dla tokarek ze sterowaniem odcinkowym i ciągłym w 2 osiach. Ponadto ostatnio zakupiono dodatkowo tzw. "system modułowy" EXAPT. System EXAPT jest RFN-owską adaptacją fragmentów systemów APT, AUTOPOL, AUTOSPOT i ADPT. System EXAPT działa na komputerach IBM oraz RIAD.

- APO w wersjach 1,2,3 opracowany w latach 75/76 przez CBKO z udziałem Politechniki Warszawskiej, służy do programowania wiertarek, tokarek i frezarek sterowanych w 2 1/2 osiach. Pierwotnie system ten był opracowany na komputery ODRA 1204 w języku ALGOL 1204. Obecnie prowadzone są prace nad nowszą wersją systemu: APO-standard. Będzie to system na różnorodne komputery dysponujące tym kompilatorem, a więc zarówno ODRA serii 1300, jak i seria RIAD, a także na minikomputery MERA-400, czy też obecnie wchodzące na nasz rynek SM.

Podobnie w 1976 r. powstały systemy typu: SMYK, KSPT, ISPW, MINIAPO oraz ELAN. Są to niezmiernie uproszczone języki pozwalające na programowanie obróbki nieskomplikowanych detali na obrabiarkach sterowanych w 2 1/2 osiach. Systemy te pracują na minikomputerach i kalkulatorach programowych.

Ponadto zaobserwowano ostatnio w kraju tendencje do dalszego zwiększania liczby różnych systemów programowania OSN-ów. Nie wydaje się aby była to słuszna droga do upowszechniania metod automatycznej generacji programów oc. Systemy programowania OSN-ów z samej swej natury są dość skomplikowane, więc opanowanie danego systemu i sprawne eksploatowanie go wymaga dużego nakładu pracy licznego zespołu programistów i technologów. Dla przykładu scharakteryzujemy system APT. Pozwoli to na zorientowanie się w skali różnorodnych problemów, z którymi nieuchronnie musi się zetknąć przedsiębiorstwo pragnące stosować ten lub jakikolwiek inny system automatycznego programowania OSN-ów.

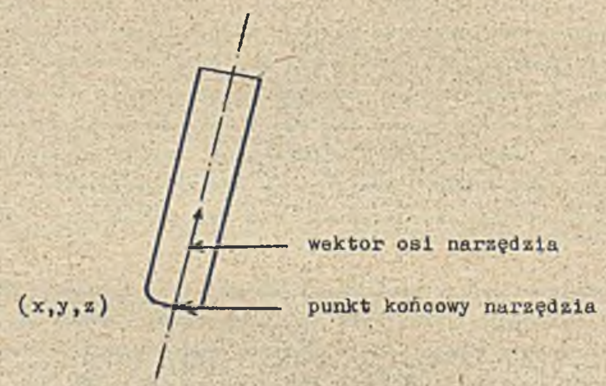
System APT (Automatically Programmed Tools) jest systemem uniwersalnym, tzn. nie jest związany ani z konkretnym typem obrabiarek ani komputerów. Jednak ze względu na swoją złożoność i rozmiary wymaga stosowania komputerów o pamięci operacyjnej minimum 256 kB oraz wyposażonych w pamięci pomocnicze o pojemności kilku MB. Tak więc na ogół APT jest implementowany na dużych komputerach, jak IBM, CDC, UNIVAC, IRIS itp. Zasadniczo APT jest przeznaczony do eksploatacji w trybie wsadowym. Istnieje jednak również wersja konwersacyjna. Warto również zwrócić uwagę, że system APT jest napisany w języku FORTRAN. Z faktu tego wynikają różnorodne konsekwencje zarówno co do struktury systemu i sposobu jego działania, jak i w stosunku do języka APT, w którym zastosowano wiele rozwiązań fortranopodobnych i fortranowskich konwencji.

Jak wspomniano system APT ma własny język o tej samej nazwie (język APT). Programista technolog za pomocą instrukcji języka APT opisuje proces obróbki detalu (części), a więc jego kształt oraz sposób wykonania, tworząc w ten sposób program oc. Zadaniem systemu jest przekształcenie poszczególnych instrukcji języka, lub określonych sekwencji tych instrukcji na kody sterujące funkcjami obrabiarki. I tak np. kształt części zadany różnorodnymi instrukcjami definiującymi, czy to poszczególne punkty, czy linie proste lub krzywe, jest zawsze przekształcany przez system do postaci zbioru punktów takich, aby narzędzie poruszając się od punktu do punktu po liniach prostych obrabiało daną część zgodnie z zadanym kształtem i z zadaną dokładnością. Warto tu nadmienić, że system APT pozwala na programowanie nie tylko obrabiarek sterowanych punktowo czy odcinkowo, ale sterowanych kształtowo. Jest to szczególnie przydatne przy przygotowywaniu programów obróbki przedmiotów o przestrzennie złożonych kształtach.

Zrealizowanie opisu sterowania kształtowego spowodowało jednakże znaczną rozbudowę systemu APT w porównaniu z systemami umożliwiającymi jedynie sterowanie punktowe, czy odcinkowe. Jest to jedna z przyczyn wspomnianej uprzednio wielkości systemu APT, powoduje też stosunkowo długie czasy obliczeń. Na wielkość systemu wpływa również znaczne bogactwo języka APT, przez co jest on narzędziem elastycznym i pozwalającym na wyrażenie bardzo nawet skomplikowanych kształtów obrabianego detalu. Z drugiej jednak strony, to właśnie rozbudowanie języka wymaga od programisty sporych umiejętności, a również może być źródłem popełniania błędów przez tegoż programistę.

W trakcie przetwarzania programu oc z formy zapisanej w języku APT do formy kodu na taśmie sterującej obróbką można wyróżnić następujące etapy pracy systemu APT:

- translacja - złożone instrukcje języka APT zostają zredukowane do postaci łańcucha komend elementarnych, które są kolejno interpretowane,
- ujednolicenie opisu geometrii - programista definiuje kształt stosując zdefiniowane uprzednio przez siebie opisy krzywych i powierzchni; system APT dokonuje transformacji lokalnych układów współrzędnych oraz sprowadza wszystkie opisy kształtów geometrycznych do ich postaci kanonicznej,
- obliczenie pozacji narzędzia - najbardziej złożona i pracochłonna funkcja systemu APT; pozycje narzędzia są podawane za pomocą współrzędnych (x,y,z) tzw. końcowego punktu narzędzia oraz cosinusa kąta kierunkowego osi narzędzia (rys. 2); kolejne pozycje narzędzia definiują tzw. drogę narzędzia,
- praca modułu postprocesora pośredniczącego między uniwersalnym systemem APT, a konkretną obrabiarką. Dokonuje on zmiany kodu, nadaje konkretne znaczenie ogólnym parametrom technologicznym (np. szybkość posuwu, chłodzenie i in.) oraz sprawdza czy nie zostały przekroczone ograniczenia dynamiczne danej obrabiarki.

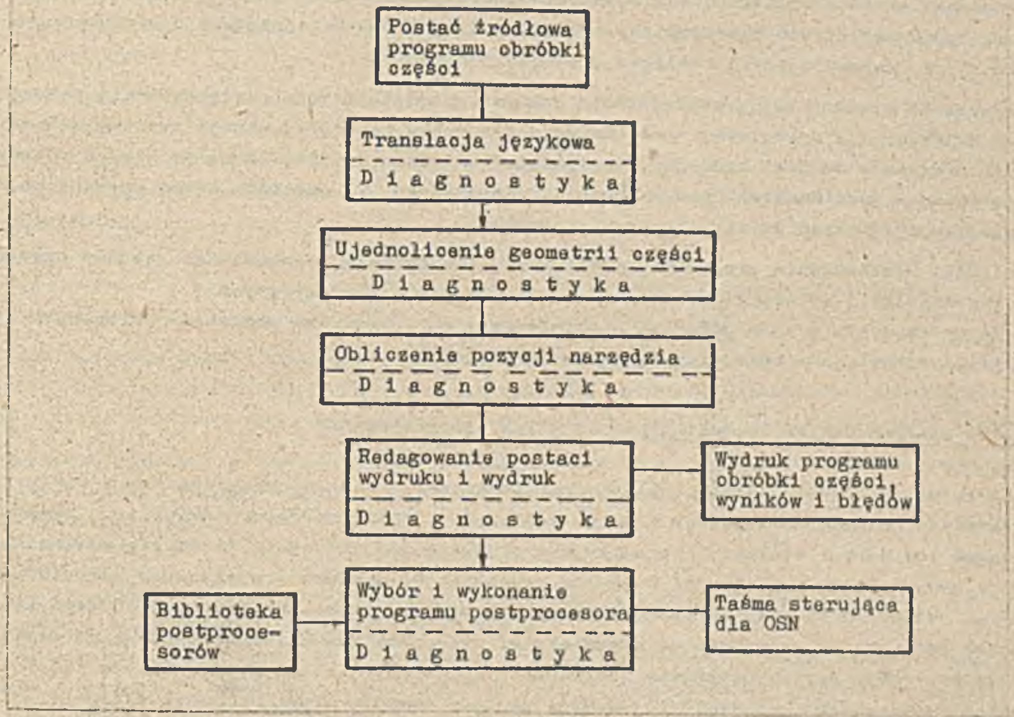


Rys. 2. Przykład określenia pozycji narzędzia

Wyżej wymienione funkcje są przez system realizowane w tej właśnie kolejności (rys. 3), natomiast w odmienny sposób system realizuje funkcje diagnostyczne, czyli wykrywanie błędów. Procedury diagnostyczne (standardowe) są wbudowywane we wszystkie fazy pracy systemu. W wypadku napotkania określonego błędu (syntaktycznego, geometrycznego, niedozwolonego ruchu narzędzia) drukowany jest numer błędu wraz z komunikatem objaśniającym.

Innym sposobem kontroli poprawności programu jest drukowanie tzw. zbiorów CLDATA - zawierających wygenerowane przez system współrzędne kolejnych pozycji narzędzia oraz kreślenie drogi narzędzia na ploterze. Ostateczną formą kontroli (w zasadzie pozasystemowej) jest zrealizowanie próbnej obróbki detalu (części) w materiale zastępczym.

Tworzenie konkretnego programu oc, oprócz wspomnianej już znajomości języka APT, wymaga przestrzegania określonych prawideł postępowania. Podstawą do napisania programu oc jest tzw. plan obróbki części, który zawiera:



Rys. 3. Schemat działania systemu APT

- rysunek konstrukcyjny części,
- jednoznacznie określoną kolejność operacji technologicznych,
- repertuar wymaganych narzędzi do każdej operacji,
- parametry obróbki (np. szybkość posuwu, chłodzenie itp.).

Pierwszą czynnością programisty jest określenie na rysunku układu współrzędnych, w jakim dalej będzie definiował geometrię. Następnie definiuje on geometrię poszczególnych fragmentów oraz kształt całego detalu. Dopiero na tej podstawie programista może opisać ruch narzędzia wzdłuż konturu. W końcowej fazie prac nad programem oc programista definiuje kształt narzędzi, parametry obróbki oraz wstawia pomocnicze instrukcje, łącznie z nazwą postprocesora, który będzie przetwarzać wyniki napisanego programu. Niezmiernie ważne jest również, aby każdy tworzony przez programistę konkretny program oc był odpowiednio zdokumentowany tzn. opisany i skomentowany. Ma to znaczenie zarówno dla przyszłego użytkowania danego programu, jak i dla ewentualnych modyfikacji tego programu i tworzenia na jego podstawie innych programów oc, a wreszcie dla ugruntowania wiedzy i wprawy programisty w sprawnym korzystaniu z bogactwa systemu APT. Warto tu zauważyć, że ostatnie uwagi dotyczące metodyki pracy programisty mają aspekt dużo szerszy i odnoszą się w zasadzie do pracy w każdym systemie automatycznego programowania OSN.

Jak wspomniano, w konkretnej sytuacji danego zakładu przemysłowego, nastawionego na określoną produkcję oraz dysponującego określonym parkiem OSN-ów, celowe jest staranne przemyślenie, jakiego typu system automatycznej generacji programów oc będzie najbardziej przydatny. Systemy takie mogą być realizowane zarówno w wersjach komputerowych, jak i minikomputerowych, przy czym warto zwrócić uwagę, że zestaw liczący powinien zawierać odpowiednie uzupełniające wyposażenie sprzętowe, które można sklasyfikować w następujący sposób:

- urządzenia pamięci zewnętrznej typu: dyski, taśmy, kasety itp.,
- urządzenia wejścia/wyjścia: czytniki perforatory, drukarki, monitory alfanumeryczne,
- urządzenia grafiki komputerowej typu: plottery i (ewentualnie) monitory graficzne.

Ogólnie można stwierdzić, że istniejące lub planowane rozwiązania sprzętowe są tak liczne, że kompletując sprzęt dla własnych potrzeb można dobrać zestaw sprzętowy o odpowiednich parametrach użytkowych, zapewniających realizację założonych funkcji.

Podobnie powinna być przeprowadzana analiza najwłaściwszego oprogramowania poprzedzająca analizę konfiguracji sprzętowej, przy czym, o ile wybór właściwej wersji systemu automatycznej generacji programów co jest bezwzględnie sprawą pierwotną, o tyle wtórna do niej i równoległa z analizą sprzętu jest analiza oprogramowania podstawowego. To ostatnie można zasadniczo na potrzeby niniejszych rozważań sklasyfikować następująco:

- środki uruchamiania programów, czyli mniej lub bardziej rozbudowane systemy operacyjne,
- translatory i interpretery uniwersalnych języków algorytmicznych,
- oprogramowanie bazowe urządzeń pomocniczych, np. ploterów, monitorów ekranowych itp.,
- standardowe i pomocnicze oprogramowanie firmowe.

Zbiory stałych danych technologicznych i ich oprogramowanie

Przy projektowaniu technologii obróbki konkretnego detalu, korzysta się z wielu różnorodnych informacji (danych) czerpanych z norm, katalogów, tablic współczynników itp., zwanych dalej informacjami lub danymi stałymi. W tradycyjnym procesie projektowania technolog odszukiwał te informacje z odpowiednich publikacji. Z chwilą włączania do procesu projektowego komputerów, tradycyjny sposób odszukiwania tych informacji staje się anachronizmem. Konieczne jest więc uzupełnienie systemów generowania programów co odpowiednimi systemami wyszukiwania informacji stałych. W tym celu należy sobie przede wszystkim uświadomić, jaki jest charakter tych danych i ich zbiorów. W zasadzie są to zbiory (na skalę pojemności pamięci komputerowych) niezbyt liczne i o takiej merytorycznej strukturze, że do poszczególnych operacji, np. wyszukiwania, można je umieszczać (chwilowo) w pamięci operacyjnej. Drugą bardzo charakterystyczną cechą tych informacji jest tzw. względna stałość. Oznacza to, że zmiany dotyczące treści poszczególnych informacji (np. wartości współczynników) jak i ogólnej ilości tych informacji są rzadkie, a równocześnie ostatecznie obowiązujące. Dzięki temu nie ma potrzeby pamiętania (w komputerze) stanów poprzednich. Ta ostatnia cecha wynika z faktu, że omawiane zbiory informacji w sposób trwały są gromadzone w postaci odpowiednich wydawnictw będących ich obowiązującym pierwowzorem, a zapamiętanie ich w komputerze jest tylko formą pomocniczą. Natomiast bardzo istotne dla komputerowej organizacji zbiorów stałych danych technologicznych jest fakt, iż w trakcie wyszukiwania muszą być bezwzględnie aktualne, że dostęp do nich nie powinien być utrudniony z powodu wprowadzania poprawek, a wreszcie, że zazwyczaj poszukuje się jednej wartości spełniającej liczne kryteria. Dlatego ważne jest zapewnienie jak najprostszej struktury tych zbiorów.

Rozważania o problemach organizacji zbiorów danych zwykle prowadzą do propozycji wykorzystania gotowych metod i rozwiązań z zakresu banków danych. Tak jest i w tej sytuacji. Należy jednak uświadomić sobie istotne różnice analizowanego zagadnienia w stosunku do pojęć związanych z klasycznymi bankami danych. Koncepcje tych ostatnich wywodzą się i nadal operują w sferach, gdzie powstają wielkie ilości danych pierwotnych i informacje te od razu są wprowadzane do banku. Są tam wstępnie przetwarzane i stale przechowywane. Tak więc zbiór komputerowy jest właściwie jedyną podstawową formą ich pamiętania. Liczebność tych zbiorów jest tak wielka, że o żadnym nawet częściowym i chwilowym merytorycznym operowaniu nimi w pamięci operacyjnej nie można mówić.

Równocześnie jednak obserwuje się na ogół dużą częstotliwość zmian, co powoduje, że formy i metody aktualizacji stają się nieraz naczelnym problemem oprogramowania banku, a nierzadko rzutują na samą organizację i strukturę przechowywania danych, przy czym konieczne jest pamiętanie poprzednich stanów. Prowadzi to do organizowania specjalnych zbiorów-katalogów zmian. Organizowanie wszystkich tych czynności, bezpośrednio w pamięciach pomocniczych powoduje, że uwzględniając specyfikę tych pamięci, stosuje się tu bardzo różnorodne rozwiązania typu: stosy, kolejki, listy z różnorodnymi sposobami adresowania itp. Z drugiej strony przeszukiwanie zasobów banku odbywa się częściej pod kątem wyboru wielu informacji spełniających jeden (lub niewiele) warunków. Wybrane informacje są ostatecznie przetwarzane i wydawane w żądanej postaci.

Reasumując te pobieżne uwagi w zakresie klasycznych banków danych trzeba zauważyć, że istnieje wiele różnych definicji banku, można jednak wskazać następujące cechy charakteryzujące większość znanych koncepcji:

- istnieje baza danych - zbiór (lub zbiory) danych umieszczane w pamięci pomocniczej o określonej organizacji i strukturze,
- istnieją specjalne metody i odpowiadające im programy zakładania bazy,
- istnieją różnorodne metody wraz z odpowiednim oprogramowaniem, pozwalające na wykorzystywanie wszystkich operacji w bazie:
  - dostęp do bazy,
  - przeszukiwanie, wybieranie i przetwarzanie danych wraz z formami wydawniczymi,
  - aktualizacja poszczególnych informacji lub całych ich partii.

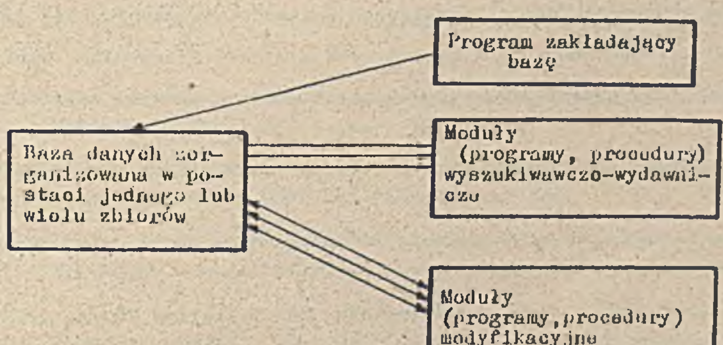
Uznając te cechy jako niezmienniki pojęcia bank danych, można dla omawianych zbiorów stałych danych technologicznych również przyjąć pojęcie banku. Natomiast wymienione różnice świadczące o specyfice zbiorów danych stałych uzasadniają wprowadzenie pojęcia mały bank danych (MBD).

Ostatecznie więc małym bankiem danych nazywa się specyficzną organizację jednorodnych tematycznie zbiorów danych, zwanych dalej bazą danych i zespołu programów gospodarowania bazą, przy czym programy te zapewniają:

- założenie bazy,
- szybki i wygodny dla użytkownika dostęp do informacji zawartych w bazie (przez umieszczenie potrzebnego fragmentu bazy w pamięci operacyjnej),
- dokonywanie wszelkich operacji na zbiorach w chwili umieszczenia tych zbiorów w pamięci operacyjnej, a w pamięci pomocniczej wyłącznie przechowywanie aktualnej postaci zbioru,
- nieprowadzenie żadnego rejestru zmian treści bazy.

Pozwala to na tworzenie systemów stałych danych technologicznych, zapewniających użytkownikowi-technologowi korzystanie z kompletnej i aktualnej informacji, bez angażowania bardzo rozbudowanego aparatu klasycznych banków danych.

Strukturę MBD pokazano na rys. 4.



Rys. 4. Struktura MBD

Kończąc powyższe uwagi należy zaznaczyć, że przedstawiona organizacja zbiorów stałych danych technologicznych w postaci MBD wymaga w każdej konkretnej sytuacji merytorycznej analizy rozpatrywanej klasy problemów technologicznych i koniecznych dla nich zbiorów danych. Dopiero na podstawie takiej analizy można przystąpić do projektowania i tworzenia konkretnego MBD, jego bazy i oprogramowania. W zależności od będącego do dyspozycji sprzętu komputerowego i potrzeb systemu generującego - programy oc mogą przyjmować różne konkretne rozwiązania sposobów zakładania i eksploatacji bazy. Szczególnie duże różnice wynikają z przyjętych trybów współpracy z komputerem (wsadowy czy konwersacyjny) oraz z faktu, czy z zasobów bazy korzysta programista-technolog piszący programy oc, czy też przewiduje się automatyczne wyszukiwanie tzn., że dostęp do bazy jest reali-

zowany bezpośrednio przez system generowania programów oo. Również stwarzanie dobrego oprogramowania modyfikacji bazy jest oddzielnym i wcale nie prostym zagadnieniem, wynikającym w dużej mierze z merytorycznej treści stałych danych technologicznych.

Uwagi końcowe

Przedstawiony materiał sygnalizuje wiele różnorodnych problemów związanych z komputerową automatyzacją technicznego przygotowania produkcji. Niektóre z nich, bliższe zainteresowaniom autorów, omówiono szerzej, o innych jedynie wspomniano. Intencją autorów było wykazanie złożoności i wielorakości zagadnień, z którymi nieuchronnie zetknie się każdy projektant i twórca systemów automatyzacji technicznego przygotowania produkcji.

Dla umożliwienia dokładniejszego poznania podstawowych zagadnień związanych z sygnalizowanymi problemami załączamy wykaz wybranych pozycji literaturowych dostępnych w kraju.

Literatura

[1] MARCINIAK K.: Realizacja systemu APO-3. Informatyka 1977 nr 2

[2] FRAŃCZAK J., KACZYŃSKI Z.: NUMS. Przegląd techniczny - Innowacje 1976 nr 4

[3] ADAMCZYK Z.: Konwersacyjny system programowania obrabiarek sterowanych numerycznie. Mechanik 1976 nr 5

[4] MADEJSKI R. i in.: Wytyczne do budowy postprocesora dla podsystemu APO-2. Mechanik 1976 nr 6

[5] SZCZYPKOWSKI P.: Tendencje rozwojowe systemów numerycznego sterowania obrabiarek. Biul.MERA 1976 nr 2

[6] FORMANKIEWICZ C.: Warunki i efekty stosowania obrabiarek sterowanych numerycznie. Mechanik 1976 nr 7

[7] GONTARCZYK T.: Przegląd wybranych systemów automatyzacji projektowania inżynierskiego. Warszawa: 1976. Prace IOK - Cybernetyka stosowana i Informatyka

[8] Oprogramowanie komputerów dla przemysłowych systemów sterowania. PAK 1976 nr 7

[9] BEME G., BORN V.: Programowanie komputerowych systemów sterowania. Moskva: Energija 1975

[10] BANASIKOWSKI M.: Rozdział funkcji między człowiekiem a maszyną w procesie montażu. Mechanik 1977 nr 3

[11] PAJĄK J.: NEL system do programowania obrabiarek sterowanych numerycznie. Informatyka 1975 nr 11

[12] Programowanie technologii na obrabiarki ze sterowaniem cyfrowym w języku EXAPT. Informacja adresowa CINTE, 1970 nr 11

[13] BASIC-EXAPT. Opis języka. Egzemplarz roboczy. Warszawa: OBR TEKOMA 1976

[14] EXAPT 1.1 CLDATA 2 - OPIS. Wydane przez EXAPT sierpień 1973

[15] BASIC-EXAPT. Opis CLDATA 2. EXAPT-VEREIN, styczeń 1972

[16] System APO-1. Instrukcja

[17] System APO-2. Instrukcja

[18] System APO-3. Instrukcja

[19] SHAH R.: Sterowanie numeryczne obrabiarek. Poradnik. Warszawa: WNT

[20] ZIĘTARSKI S.: Komputerowe systemy sterowania procesami obróbki skrawaniem. Warszawa: Instytut Technologii Mechanicznej, 1976

[21] Opis języka APT - podręcznik programowania. Warszawa: IMM 1977

[22] System/360 APT Numerical Control Processor 360A-CN-10X Systems Manual

[23] NUSSEY I.D., PINTER H.R.: The IBM System/370 Numerical Control Systems

[24] WILKINSON D.G.: Conversational NELAPT, an Interactive Version of the NELAPT processor

[25] SIMON .: The numerical control of machine tools. London 1973

[26] VLIETSTRA J., WIELENGA D.K.: Philoon: a programming language designed for a numerically controlled cam milling machine

[27] AMBROSIO S.C.: NUCOL: a new language for NC

[28] STUTE G., EITEL J.: The milling technology in EXAPT 3

[29] McWATERS J.F., HENDERSON W.T.K.: The NEL 2C,L processor

[30] PRUUDEN J.: A programming system for NC flame-cutters

[31] VYMER J.: The AUTOPROG system - Czechoslovakian approach to automatic programming

[32] KOCHAN Dr.: The SYMAP programming system

[33] RECKZIEGEL D., GRUPPE U.: Facilities offered by EXAPT system

[34] WEIU R.: IFAPT: a unified system of modular design for NC Languages

[35] DRAYTON C.E.: Automatically programmed tools

[36] NEES G.: A graphical simulation and animation system for NC Usage

[37] GONTARCZYK T.: Systemy komputerowe automatyzacji projektowania technologii, zeszyt 23/76

[38] BONKOWICZ-SITTAUER St., GUTOWSKA H.: Programowanie obrabiarek. Biuletyn Informacyjna OSKA 1977 nr 3/4

[39] BONKOWICZ-SITTAUER St., OLECH J.: Niektóre problemy małych banków danych dla komputerowo wspomaganego projektowania. Biuletyn Informacyjny OSKA 1977 nr 5/6

[40] BONKOWICZ-SITTAUER St.: Mały Bank Danych dla komputerowo wspomaganego projektowania. Warszawa: IMM 1977 Archiwum Opracowań IMM nr 32

[41] EAMES A.R. i in.: Działanie banku danych niezawodnościowych.

[42] HEINZE W.: Analiza procesów technologicznych w przemyśle elektronicznym. Berlin: VEB Ver. Technik 1974

[43] GLEBSKIJ Ju.V.: O pewnej klasie systemów ze sterowaniem dyskretnym i ich charakterystykach liczbowych. Izv. Vysšych Učebnych Zaved. Mat. 1976 nr 12

[44] SALYGA V.I.: Zautomatyzowane systemy sterowania procesami technologicznymi. Identyfikacja i sterowanie optymalne. Poradnik. Charkov: Visča Škola 1976

[45] KOSTENKO V.S., SISONOK N.A.: Analiza niezawodności zautomatyzowanych systemów sterowania procesami technologicznymi z zastosowaniem regenerujących procesów losowych. Kiev: Naukova Dumka 1977

[46] ARBID M.A.: Opinie. Kierunki rozwoju i najważniejsze problemy w sterowaniu. Automatica 1976 R. 12 nr 6

[47] NITZAN D., ROSEN C.A.: Programowana automatyzacja przemysłowa. Trans. Comp. 1976. C-25 nr 12

[48] CHAZACKIJ V.E.: Sterujące komputery i systemy komputerowe. Moskva: Energija 1976

[49] HARRISON T.: Komputery w zautomatyzowanym systemie sterowania procesami technologicznymi. Moskva: Mir 1975

[50] GOLOVAC V.I.: Stosowanie języków problemowo-zorientowanych przy sterowaniu procesami technologicznymi. Programmirovanie 1977 nr 1

[51] TULTEMIROVA E.S.: Przyczynek do zagadnienia grupowego, cyfrowego sterowania procesami technologicznymi. Zastosowanie komputerów w systemach sterowania ciągłymi procesami produkcyjnymi. Frunze: Ilim 1975

[52] RAJBMAN N.S., CADEEV V.M.: Budowa modeli procesów przemysłowych. Moskva: Energija 1975

[53] OŻAROWSKI R.S.: Specyfika przetwarzania informacji w pracach inżynierskich. Informatyka 1976 nr 5

[54] BUJAKOWSKI A. i in.: Wybrane problemy komputerowego sterowania obrabiarek. W: Prace III Krajowej Konferencji Informatyki, Katowice 1976. T. 3. Sterowanie procesami technologicznymi. Katowice 1976 zesz. 1

[55] GOODRICH J.L., TRUSH R.D.: Narzędzia programowane, automatyczne obrabiarki sterowane numerycznie. Encyklopedia informatyki i techniki. T. 2. New York: Dekker 1975

[56] JANICKA B. i in.: Automatyczne programowanie obrabiarek w języku APO-3. Mechanik 1976 nr 2

[57] JANIK A.F., PANCUL Ju.A.: Algorytm operatywnego planowania produkcyjnego dla kompleksowego systemu obrabiarek. Mech. i Avtom. Upravl. 1977 R. 92 nr 2

[58] Schreiter H.: Dialog w programowaniu NC numerical control - numeryczne sterowanie . Wiss. Z. d. Tech.Hochsch. Karl-Marx-Stadt 1976 R. 18 nr 4

[59] KAPUSTIN N.M.: Opracowanie technologicznych procesów obróbki części na obrabiarkach za pomocą komputerów. Moskva: Mašinostroenie 1976

[60] KOMOROWSKI A., RUMIŃSKI K.: Metody komputerowe w projektowaniu konstrukcji i technologii. Prz. mech. 1977 R. 36 nr 5

[61] MADEJ K.: Maszyny matematyczne w technologii. Problemy 1977 nr 2

[62] MUNRO N.: Konwersacyjne metody komputerowego projektowania systemów sterowania za pomocą grafoskopów. W: International Conference on Computer Aided Design. 24.28 April 1972. Międzynarodowa Konferencja na temat projektowania wspomaganego przez komputer, Southampton, 24-28.04.1972. London: IEEE 1972

[63] BRISTOL E.H.: Opracowywanie i programowa realizacja algorytmu sterowania dla systemów bezpośredniego sterowania cyfrowego. Contr. Eng. 1977 R. 24 nr 1

[64] SMOLIK J.: Eksperymentalne sterowanie procesami technologicznymi. Automatizace 1976 R. 19 nr 3

[65] ALFORD C.O., SLEDGE R.B.: Architektura niższego ogniwa hierarchicznego komputerowego systemu sterowania dyskretnymi procesami technologicznymi. IEEE Trans. Manufact. Technol. 1976 R. 5 nr 4

[66] HARRISON T.: Komputery w zautomatyzowanym systemie sterowania procesami technologicznymi. Moskva: Mir 1975

[67] EDWARDS E., LEES F.P.: Zastosowanie zobrazowania informacji do sterowania procesami. W: Conference on displays, Loughborough, 7-10 September 1971. London: IEE 1971

[68] KOSELEV A.E. i in.: Doświadczenia w dziedzinie adaptacji systemów sterowania procesami technologicznymi. Prib. i Sist. Uprav. 1977 nr 1

[69] FREY A.R.: Planowanie, optymalizacja i wyposażenie oraz zarządzanie przedsiębiorstwem, produkcją i gospodarką maszynową. München: Hanser 1975

[70] KOMOROWSKI A., RUMIŃSKI K.: Efektywność stosowania metod komputerowych w technicznym przygotowaniu produkcji. Prz. mech. 1977 R. 36 nr 17

[71] SAWIK T.: Czasowo-optymalne sterowanie produkcji w przypadku niestacjonarnego parku urządzeń produkcyjnych. Arch. Automat. i Telemechan. 1977 R. 22 nr 4

Podstawy budowy ukierunkowanych problemowo systemów na bazie środków SM EMC drugiej kolejności (charakterystyka ogólna)*

Charakterystyka ogólna**

Rozwijanie systemów informatycznych oraz automatyzowanie coraz bardziej złożonych procesów prowadzi do łączenia tych dwu tendencji. Zjawisko to jest naturalne i przyczynia się ono do wzajemnej stymulacji obu kierunków. Jego wynikiem są systemy PK***, które znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach gospodarki (przemysł, medycyna, ochrona środowiska, komunikacja, administracja itp.). Do realizacji poszczególnych zadań wykorzystywane są POK, które stanowią bazę dla konkretnych PK***. Najbardziej efektywnym zastosowaniem techniki komputerowej jest kompleksowa automatyzacja przemysłu, obejmująca w zintegrowany sposób zastosowanie komputerowej automatyzacji w dziedzinie zarządzania, kierowania produkcją, sterowania procesami wytwórczymi oraz w pracach inżynierskich i projektowych.

W niniejszym opracowaniu znalazły się wybrane dziedziny zastosowań POK przystosowanych do wykorzystania minikomputerów jednolitego systemu drugiej kolejności. Większość zamieszczonych tutaj uwag odnosi się do systemów POK ukierunkowanych na zagadnienia przemysłowe. Wprowadzenie komputerowej automatyzacji do przemysłu maszynowego umożliwia bowiem:

- zmniejszenie udziału człowieka w procesie wytwórczym przez zastosowanie nowoczesnych środków technicznych sterowanych samoczynnie i sprowadzających rolę człowieka do ogólnego nadzoru i utrzymania w ruchu maszyn i urządzeń; dotyczy to sfery działalności przedprodukcyjnej, produkcyjnej i poprodukcyjnej;
- uzyskanie znacznie większego wzrostu wydajności pracy oraz zwiększenie produktywności majątku trwałego niż to miało miejsce dotychczas;
- wykonanie wyrobów o wyższej jakości, w wyniki powtarzalności i dokładności czynności oraz ograniczenie wpływu człowieka na proces produkcyjny;
- skrócenie jednostkowych czasów wykonywania, skrócenie cyklu produkcyjnego oraz obniżenie stanu robót w toku i normatywów magazynowych;

---

* Opracowanie wykonał, w ramach prac planowych, zespół w składzie:

doc.dr inż. Zygmunt SAWICKI
dr inż. Marek HOLYŃSKI
mgr inż. Józef SZMYD
mgr inż. Kazimierz GÓJSKI
dr inż. Stanisława BONKOWICZ-SITTAUER
mgr inż. Aleksander KAMIŃSKI
mgr inż. Tadeusz CHEŁSTOWSKI

przy współudziale m.in.

mgr inż. Jerzego Pelca
mgr inż. Zbigniewa Wiśniewskiego
mgr inż. Jerzego Jagielskiego

** Tematyka oprogramowania - zob. opracowanie J.Mysiora "Problemy automatyzacji wytwarzania oprogramowania dla obiektowych systemów komputerowej automatyzacji"

*** Pojęcia te są dokładnie określone w punkcie "Definicje"

- wyeliminowanie ciężkich, uciążliwych i szkodliwych dla zdrowia prac fizycznych oraz umożliwienie lepszego wykorzystania kwalifikacji personelu.

Automatyzacja komputerowa w przemyśle maszynowym pozwala uzyskiwać stosunkowo duże efekty techniczno-ekonomiczne, co jest związane z faktem, że większość systemów POK wytwarzana jest właśnie w ramach zadań przemysłu maszynowego i dla przemysłu maszynowego. Zastosowanie tych systemów w jednostkach przemysłu maszynowego, charakteryzujących się przewagą procesów dyskretnych, pozwala ponadto na uporządkowanie struktur organizacyjnych, utrzymanie wymaganych reżimów technologicznych oraz uzyskanie wzrostu efektywności produkcji.

Głównym celem poniższego opracowania jest więc określenie merytorycznych podstaw tworzenia POK dla sterowania wydziałami produkcyjnymi lub małymi zakładami produkcyjnymi w przemyśle maszynowym.

Założenia podstawowe

- POK dla przemysłu maszynowego powinien obejmować następujące sfery produkcji:
  - automatyzację czynności techniczno-organizacyjnych przygotowania produkcji, w tym:
    - opracowywanie planów okresowych i operatywnych produkcji,
    - technologiczne przygotowanie produkcji,
    - gospodarkę materiałową i narzędziową (magazynową),
  - automatyzację procesów wytwórczych, w tym:
    - kierowanie w czasie rzeczywistym przebiegiem produkcji,
    - sterowanie procesami technologicznymi.
- Obiektem dla komputerowej automatyzacji może być: zakład produkcyjny, wydział produkcyjny, linia technologiczna, centrum produkcyjne, poszczególne obrabiarki lub urządzenia technologiczne.
- Komputerowe systemy kierowania i sterowania produkcją dla złożonych obiektów (zakład, wydział) powinny odpowiadać wymaganiom wielopoziomowej struktury hierarchicznej, umożliwiającej elastyczną rozbudowę systemu zarówno z punktu widzenia liczby poziomów hierarchii, jak i ze względu na liczbę autonomicznych podsystemów na każdym poziomie.
- System komputerowego sterowania złożonym procesem produkcyjnym powinien być odporny na awarie zarówno części obiektu, jak i części komputerowego sterowania. Wyłączenie jednej lub kilku maszyn produkcyjnych na skutek awarii nie powinno zatrzymywać całego systemu. W takiej sytuacji system planowania operatywnego produkcji powinien automatycznie wybrać lub opracować na nowo optymalny wariant przepływu produkcji. W wypadku awarii autonomicznego sterowania fragmentem procesu, system powinien umożliwiać sterowanie za pomocą innych torów przepływu informacji lub za pomocą innego sprzętu.
- System powinien wspomagać kierownictwo przedsiębiorstwa, dyspozytorów i operatorów wydziałów produkcyjnych w podejmowaniu odpowiednich decyzji na każdym poziomie kierowania produkcją.
- W wypadku ogólnej niesprawności systemu komputerowego sterowania produkcją, system powinien umożliwiać ręczne sterowanie za pomocą pulpitu dyspozytora i operatorów pracą maszyn i urządzeń technologicznych. System tablic synoptycznych na poszczególnych stanowiskach pracy powinien umożliwiać ten sposób sterowania.
- Struktura systemu powinna być modułowa pod względem sprzętu i oprogramowania. Poszczególne moduły powinny mieć rozwiniętą autonomiczność działania i określone funkcje interfejsowe.
- W celu zapewnienia jednolitości i wymienności oprogramowania, stosowany w systemie sprzęt mikro- i minikomputerowy powinien należeć do rodziny maszyn SM EMC. Dla najwyższych poziomów hierarchii, a w szczególności dla podsystemów zarządzania dopuszcza się stosowanie maszyn rodziny JS EMC.
- Złożone systemy komputerowego sterowania dużymi obiektami, w których stosowane są struktury hierarchicznego sterowania o "inteligencji rozproszonej" powinny umożliwiać odcinkowe metody

uruchamiania i kontroli systemu. Przy budowie tego typu systemów należy rozważyć również celowość ekonomiczną etapowego wdrażania poszczególnych odcinków technologicznych - na zasadach okresowej autonomii.

- Przy projektowaniu komputerowych systemów sterowania dla złożonych obiektów lub procesów należy stosować metody symulacyjne i modelowe w celu sprawdzenia prawidłowości projektowanych systemów z punktu widzenia sprzętowego i programowego, a w szczególności sprawdzania algorytmów sterowania obiektem. Ponadto przed zainstalowaniem systemu na obiekcie zalecane jest sprawdzenie go metodami laboratoryjnymi za pomocą symulatorów sprzętowych lub programowych.
- Projekt systemu powinien precyzować m.in. wymagania dotyczące pomieszczenia i instalacji dla sprzętu komputerowego oraz sieci zasilającej i uziemienia systemu.
- Na etapie projektowania systemu należy rozwiązać również problem zapewnienia urządzeń kontrolnych na etapie uruchamiania systemu na obiekcie oraz aparatury diagnostycznej i serwisowej na etapie eksploatacji systemu.

Definicje*

- Pod pojęciem systemu problemowo zorientowanego (POK) rozumie się zespół środków organizacyjno-technicznych zapewniających współpracę urządzeń technicznych i programowych realizujących zadania zbierania, przechowywania i przetwarzania informacji dotyczących przebiegu procesu technologicznego oraz wypracowywania i przekazywania sygnałów sterujących opartych na informacjach do obiektów, określonych systemem użytkowym PK.
- Pod nazwą system użytkowy (PK) rozumie się system programowych i sprzętowych środków zbudowanych na bazie POK do rozwiązania konkretnych wymagań użytkownika.
- Stopień orientacji problemowej POK, dającej efekty ekonomiczne przy rozwiązywaniu wymagań obiektowych, jest to stosunek nakładów ekonomicznych na opracowanie systemów automatyzacji dla wszystkich obiektów zbioru L przy wykorzystaniu POK - do nakładów na opracowanie systemów automatyzacji dla wszystkich obiektów zbioru L przy prowadzeniu niezależnych opracowań każdego z systemów.
- Sterowanie hierarchiczne - sterowanie obiektem przez centralny komputer, w którym zadania wykonawcze są dekomponowane na kilka autonomicznych poziomów.
- Sterowanie numeryczne (NC) - regulowanie kolejności operacji urządzeń przez rozkłady cyfrowe wypracowywane w sprzętowym układzie sterującym.
- Komputerowe sterowanie numeryczne (CNC) - sterowanie urządzeniami przez lokalny komputer.
- Bezpośrednie sterowanie numeryczne (DNC) - sterowanie maszyną przez zdalny komputer.
- Sterowanie adaptacyjne (AC) - sterowanie procesem technologicznym z dynamicznym uwzględnieniem poprawek wynikających z odchyleń realizacji procesu w stosunku do zadanych wartości.
- Wytwarzanie wspomagane komputerem (CAM) - wykorzystanie komputerów w przemyśle do sterowania procesami wytwórczymi i ich kontroli.
- Projektowanie wspomagane komputerem (CAD) - współdziałanie człowieka z komputerem w procesie projektowania.
- Komplet środków technicznych - zestaw elementów przeznaczonych do realizacji procedur technicznych przetwarzania informacji
  - sprzęt do realizacji PK
  - systemy wytwórcze i kontrolno-pomiarowe
  - oprogramowanie
  - systemy bazowe
  - systemy typowe
  - systemy specjalizowane

---

* Przedstawione definicje uwzględniają dorobek w tym zakresie Sekcji Specjalistów nr 1, zawarty w materiałach roboczych dotyczących metod kompletowania POK.

Zagadnienia unifikacji

Przesłanki unifikacji

Określony POK stanowi optymalny zbiór zalecanych środków (wzajemnie spójnych) i metod umożliwiających zaprojektowanie i realizację PK należącego do tejże klasy POK. Równocześnie zachodzi znaczne podobieństwo tych środków i metod ze środkami i metodami stosowanymi w innych POK. Wynika ono stąd, że omawiane środki i metody zdeterminowane są typoszeregiem zestawów mini- lub mikrokomputerowych SM EMC i zachodzącym podobieństwem zadań cząstkowych między poszczególnymi POK.

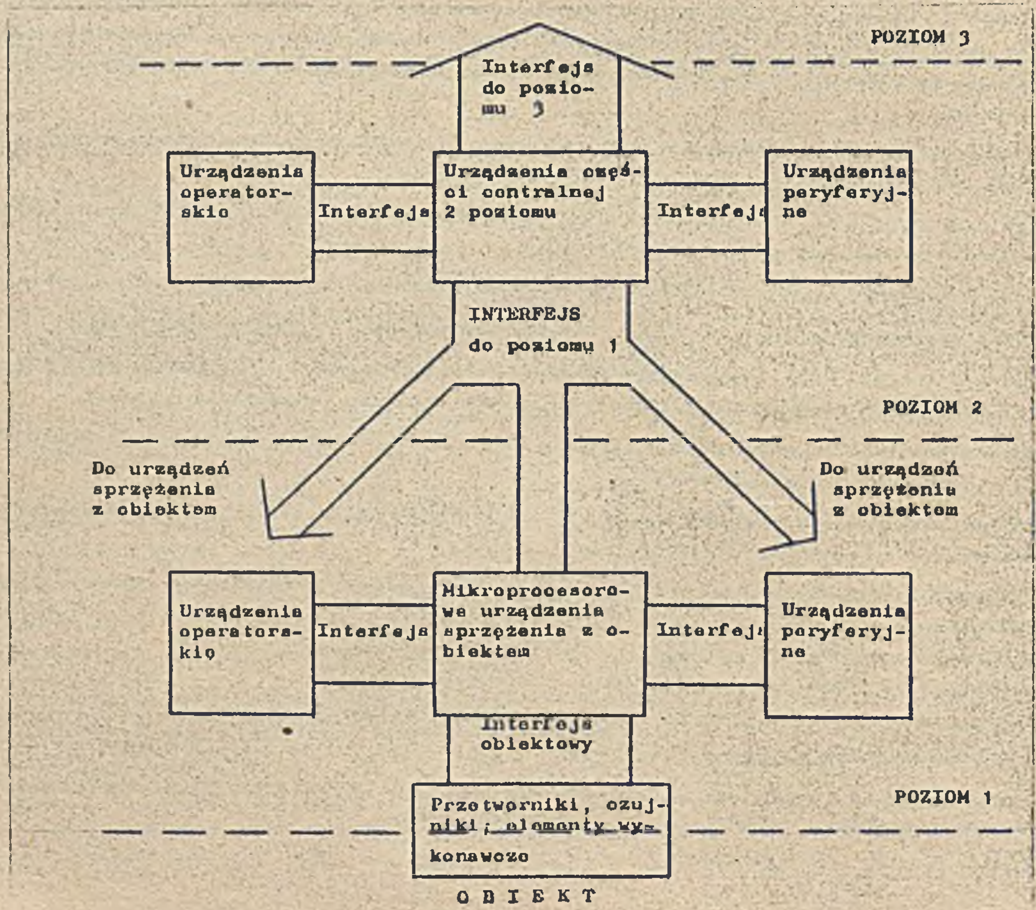
Podobieństwa te występują często w takich zadaniach jak:

- pomiary i kontrola,
- sterowanie urządzeniami operatorskimi i peryferyjnymi,
- sterowanie elementami wykonawczymi i przyrządami pomiarowymi,
- współpraca z operatorem,
- przetwarzanie danych i obliczeń.

Należy podkreślić, że przy automatyzacji kompleksowej większych obiektów zdarza się tworzenie systemu z kilku PK należących niejednokrotnie do różnych POK. Fakty te uzasadniają konieczność pewnej unifikacji tych środków i metod w przekroju "poziomym" (między poszczególnymi POK), co pozwoli przez minimalizację środków i metod w skali wszystkich POK osiągnąć znaczne korzyści w procesie produkcji środków SM EMC.

Klasyfikacja środków i metod SM EMC z punktu widzenia podatności na unifikację

Celem wyodrębnienia omawianych "poziomów" i wyszukiwania elementów wspólnych pokazano uogólnioną strukturę POK w zakresie sprzętu.



Klasa środków i metod podatnych do unifikacji w SM EMC

Konstrukcja	Układy zasilania	Sprzęt	Oprogramowanie	Metody projektowania PK	Wymagania i metody badań	Dokumentacja
Szafy 19" Stojaki 19" Kasety 19" Obudowy skrzynkowe Wykonania tablicowe pulpitowe specjalne (do określonych wymagań eksploatacyjnych) Elementy konstrukcji (pakiety płytery itp.) Baza elementowa układy scalone tranzystory, (diody, elementy bierne itp.) Zespoły wentylacji i filtracji powietrza	Zasilanie sieciowe 220 V lub 3 x 380 V Zasilanie sieciowe buforowane (przetwornice statyczne lub elektromaszynowe) Układy filtrów przeciwzakłóceniowych Typoszereg mocy zasilaczy modulowych jednonapięciowych Układy kontroli obecności sieci i napięć wyjściowych (Power Fail)	Komputery, minikomputery, mikrokomputery i mikrokontrolery Urządzenia peryferyjne dla poziomów 1,2,3 Urządzenia operatorskie poziomów 1 i 2 Interfejsy: międzymodułowe międzypoziomowe Systemy transmisji Standaryzacja zapisu informacji na różnych nośnikach Unifikacja formatu informacji przekazywanej przez układy transmisyjne	Metody i środki produkcji oprogramowania Algorytmy: - współpracy z urządzeniami peryferyjnymi i operatorskimi - zbierania i przetwarzania danych pomiarowych - sterowania układami wykonawczymi - optymalizacji - obliczeniowe (arytmetyczne, jak mnożenie, dzielenie itp.) Języki wyższego poziomu i biblioteki programów wyższego poziomu	Metody i formy opisu zadań PK Zasady i wytyczne projektowe Katalogi	- technoklimatycznych - niezawodnościowych - funkcjonalnych - eksploatacyjnych	Zasady sporządzania dokumentacji i jej kompletowania Forma dokumentacji Określenia i definicje

Ogólnie można stwierdzić, że najbardziej podatny na unifikację jest sprzęt oraz pewne reguły i metody dotyczące projektowania, realizacji, badań i eksploatacji PK jak również metody i środki generacji oprogramowania dla PK.

P o ż ą d a n y   z a k r e s   u n i f i k a c j i

Należy ustalić <u>asortyment</u> każdego rodzaju sprzętu (np. zestawy mikrokomputerowe, urządzenia itp.) <u>optymalny</u> z punktu widzenia produkcji sprzętu oraz projektowania systemów (PK).

Celem zapewnienia płynności wdrażania II generacji PK należy przy ustalaniu zakresu unifikacji kierować się następującymi zasadami:

- należy włączać do asortymentu dopuszczalnych środków II generacji wszystkie środki poprzednich generacji, które mają zagwarantowaną możność współdziałania z pozostałymi środkami należącymi do II generacji oraz odpowiedni poziom techniczny i perspektywy produkcyjne;
- poszerzenie asortymentu o nowo projektowane środki II generacji powinno odbywać się w miarę powstawania rzeczywistego zapotrzebowania i z uwzględnieniem zasad ekonomii;
- <u>unifikacja konstrukcji</u> powinna ograniczyć się do poziomu szaf i stojaków 19" i odpowiadających im modułów kaset 19" zgodnie z przyjętymi standardami międzynarodowymi;
- <u>unifikacja interfejsów</u> - powinna koncentrować się na interfejsach międzymodułowych i międzypoziomowych;
- <u>zunifikowanym modułom sprzętu</u> powinny być samodzielne konstrukcyjnie i funkcjonalnie urządzenia wchodzące w zbiór środków SM EMC i wyposażone w odpowiedni <u>zunifikowany interfejs</u> zapewniający możliwość współpracy z innymi modułami SM EMC.

Moduły przeznaczone do zabudowania w stojakach i szafach konstrukcyjnie powinny odpowiadać przyjętemu standardowi 19".

Konstrukcja wewnętrzna, struktura i interfejs modułów nie jest unifikowana w skali SM EMC i może stanowić standard producenta sprzętu.

Przykłady modułów: czytnik taśmy, zestaw mini- lub mikrokomputerowy, urządzenie sprzężenia z obiektem (kaseta) należące do określonego systemu sprzężenia z obiektem itp. Taka interpretacja modułów sprzętu umożliwi równoległe stosowanie w konkretnych PK sprzętu II i poprzednich generacji.

Zagadnienia unifikacji interfejsów w SM EMC

Unifikacja interfejsów międzymodułowych i międzypoziomowych jest kluczowym zagadnieniem unifikacji środków SM EMC. Zgodnie z wywodami punktu "Pożądany zakres unifikacji" można sformułować następujące założenia dotyczące unifikacji interfejsów:

- do klasy zunifikowanych interfejsów wchodzą wszystkie istniejące i w przyszłości opracowane interfejsy o standardzie międzynarodowym, na przykład:
  - ISP-2 wg IEC (rosyjskie M K)
  - CAMAC - standard międzynarodowy
  - interfejsy komunikacyjne: V-24(S-2)V-26
- włącza się interfejsy JS EMC
- klasa zunifikowanych interfejsów obejmuje również interfejsy szczególnie rozpowszechnione w poszczególnych krajach RWPG.

Włączenie do SM EMC interfejsów o zasięgu międzynarodowym umożliwia wymianę handlową krajów RWPG z pozostałymi krajami w dziedzinie sprzętu komputerowego i urządzeń sprzężenia z obiektem oraz dostaw kompletnych obiektów przemysłowych. Natomiast wprowadzanie interfejsów rozpowszechnionych w krajach RWPG (szczególnie w zakresie sprzężenia z obiektem) przyspiesza tempo wdrożenia PK II generacji umożliwiając koncentrację prac NIR i OKR na urządzeniach części centralnej SM EMC oraz na brakujących urządzeniach peryferyjnych i operatorskich.

Warunki techniczno-eksploatacyjne

Przy założeniu, że budowa systemów obiektowych oparta jest na strukturze hierarchicznej systemu, należy warunki techniczno-eksploatacyjne rozpatrywać w trzech poziomach.

Poziom zarządzania

Na tym poziomie zakłada się, że urządzenia z reguły będą pracowały w pomieszczeniach klimatyzowanych, bezpyłowych, z dala od urządzeń energetycznych, silnych pól elektromagnetycznych, przy zapewnieniu izolacji elektrostatycznej, przy zapewnieniu uziemienia odizolowanego od innych urządzeń. W zależności od sprzętu zasilanie jedno- lub trójfazowe ze stabilizacją napięcia i zabezpieczone przed krótkotrwałymi zanikami napięcia.

Urządzenia wejścia/wyjścia pracujące na tym poziomie, a służące do zbierania danych w komórkach administracyjnych i przygotowania produkcji powinny być dostosowane do pracy w normalnych warunkach biurowych temp. +15 - 25°C, wilgotność 40-60%; nie stawia się wymagań dotyczących pracy ciągłej. Urządzenia powinny być dostosowane do zasilania jednofazowego.

Poziom sterowania procesami produkcyjnymi

Na tym poziomie wobec sprzętu stawiane są najtrudniejsze wymagania technoklimatyczne, związane z tym, że sprzęt na tym poziomie zlokalizowany jest głównie w hali produkcyjnej. W zależności od rodzaju warunków, jakie występują w różnych procesach produkcyjnych, sprzęt przeznaczony do realizacji sterowania procesami technologicznymi musi być dostosowany do konkretnych warunków pracy. Należy brać pod uwagę, że przed sprzętem sterującym, np. procesami galwanicznymi, muszą być stawiane wyższe wymagania odporności na atmosferę agresywną i wilgotność niż przed sprzętem pracującym na wydziale mechanicznym, czy na montażu.

Procesy technologiczne występujące w przemyśle maszynowym ze względu na postępującą skalę automatyzacji będą wymagały warunków zbliżonych do pracy ciągłej. Przy doborze sprzętu mającego bez-

pośredni kontakt z procesem technologicznym należy kierować się zasadą specyfiki warunków i zwracać uwagę na elementy krytyczne pracy, które dla różnych procesów technologicznych mogą być różne. Np. warunki krytyczne dotyczą:

- przy sterowaniu procesami w kuźni
  - odporności na udary i wibracje
  - odporności na zakłócenia pola elektro-magnetycznego
  - konieczności galwanicznego odizolowania od procesu
  - spadku napięcia w sieci lub
  - odporności na zapewnienie stabilizacji napięcia
  - w mniejszym stopniu zapylenia, temperatury i wilgotności
- przy sterowaniu procesami obróbki cieplno-chemicznej
  - odporności na wysoką wilgotność powietrza
  - odporności na temperaturę
  - konieczności galwanicznego odizolowania od procesu
  - odporności na zakłócenia pola elektromagnetycznego
  - odporności na atmosferę agresywną
  - w mniejszym stopniu na spadki napięcia
- przy sterowaniu procesami obróbki wiórowej
  - odporności na zapylenie
  - odporności na zakłócenia pola magnetycznego
  - odporności na wibracje i udary
  - odporności na spadki napięcia lub zapewnienie stabilizacji napięcia
  - konieczności galwanicznego odizolowania od procesu
  - konieczności izolacji elektrostatycznej
  - w mniejszym stopniu temperatury i wilgotności.

Urządzenia typu pamięci dyskowych, które wymagają pracy w określonych warunkach klimatycznych powinny być instalowane w oddzielnych kabinach dyspozytorskich wraz z jednostkami centralnymi, w których zapewniony będzie wyższy standard klimatyzacji.

Systemy na poziomie sterowania produkcją powinny umożliwiać przejście na sterowanie ręczne z różnego rodzaju pulpitów dyspozytorskich. Urządzenia sterujące powinny być zabezpieczone przed wprowadzeniem zmian do programów sterujących przez niepowołane osoby lub przypadkowe zakłócenia. Zasadniczo nie wymagane jest stosowanie rezerwy urządzeń sterujących.

Poziom kierowania (sterowania) produkcją

Ogólne warunki techniczno-eksploatacyjne na tym poziomie będą zawierały się między warunkami dla poziomu zarządzania a poziomu sterowania procesami produkcyjnymi. Należy założyć, że przeważające będą warunki tzw. normalnej pracy urządzeń

- temperatura otoczenia 20 $\pm$ 5°C
- wilgotność względna 40 - 60%
- warunki zapylenia normalnego pomieszczenia biurowego
- zasilanie jedno lub 3-fazowe
- atmosfera nieagresywna
- brak zakłóceń polem elektromagnetycznym
- brak udarów i wibracji
- uziemienie

Część sprzętu stosowanego na poziomie wydziału produkcyjnego będzie wymagać klimatyzowanych pomieszczeń.

Kompletowanie sprzętu, oprogramowania i dokumentacji eksploatacyjnej

Systemy obiektowej automatyzacji powinny być kompletowane i instalowane przez generalnych dostawców. Systemy pilotowe z danego PK powinny być uprzednio badane za pomocą technik symulacyjnych,

a następnie instalowane i uruchamiane w konkretnym obiekcie.

Dobór sprzętu i oprogramowania do budowy systemów obiektowych powinien odbywać się na zasadzie dopasowania sprzętu i oprogramowania z odpowiedniego POK lub kilku POK, powinien być uzupełniony opracowaniami specjalistycznymi sprzętu i oprogramowania a nie ujętymi w POK-ach.

Zakres usług firm specjalizujących się w projektowaniu systemów obiektowej automatyzacji i dostawach tych systemów powinien obejmować:

- konsultacje
- projekt systemu na podstawie danych POK
- opracowanie oprogramowania
- kompletowanie sprzętu i oprogramowania
- instalacje systemu
- uruchomienie systemu
- udział w I etapie eksploatacji produkcyjnej.

Dostarczony do Zakładu system powinien mieć komplet dokumentacji, na którą składa się:

- dokumentacja techniczno-ruchowa wszystkich urządzeń
- dokumentacja eksploatacyjna systemu (wraz z jego opisem)
- oprogramowanie systemowe
- oprogramowanie użytkowe
- katalog oprogramowania technologicznego
- dokumentacja konserwacji, remontów i wymian profilaktycznych
- wykazy części i podzespołów zapasowych.

Problematyka niezawodności

Rozpatrując problem planowania i zapewnienia niezawodności PK należy brać pod uwagę następujące zagadnienia:

- potrzebę ilościowego określenia niezawodności PK (prawdopodobieństwa, że w danych warunkach będą one w wyznaczonym okresie czasu spełniać bez uszkodzeń określoną funkcję) na drodze ustalenia wybranych wskaźników i ich wartości liczbowych,
- wyraźne określenie, co rozumie się przez sprawne działanie PK,
- określenie warunków środowiskowych, w których ma odbywać się sprawne działanie PK.

W tym miejscu zajmiemy się jedynie zasygnalizowaniem problematyki związanej z pierwszym z wymienionych punktów, ponieważ dwa pozostałe powinny być przedmiotem oddzielnych rozważań, a następnie przybrać postać postanowień odpowiednich norm.

Wydaje się, że jako syntetyczny wskaźnik charakteryzujący niezawodność działania PK, należałoby przyjąć prawdopodobieństwo $P(t)$ poprawnej pracy bez uszkodzeń, przekłamań i błędów oprogramowania w czasie.

$P(t)$ jest określoną funkcją zależną od strumienia niesprawności systemu, który z kolei zależy od średniego czasu pracy między kolejnymi uszkodzeniami systemu, średniego czasu między przekłamaniami i średniego czasu między błędami oprogramowania.

Ponadto celowe jest przyjęcie średniego czasu naprawy i średniego czasu profilaktyki jako podstawowych wskaźników niezawodności dla PK.

Jako pomocnicze wskaźniki niezawodności można przyjąć: współczynnik gotowości, współczynnik wykorzystania technicznego, współczynnik pracy użytecznej.

Dobór wartości liczbowych wskaźników, spośród ustalonych do stosowania odpowiednimi normami, uzależnić należy od konkretnych zastosowań i hierarchii struktury systemu.

Sterowanie obrabiarkami i automatami technologicznymi

Określenie klasy obiektów

Klasa obiektów, do których odnosi się powyższe opracowanie, ogranicza się do pojedynczych obrabiarek i automatów technologicznych.

Automatyzacja pojedynczych obrabiarek, jak również automatów technologicznych, powinna być w zasadzie realizowana za pomocą układów CNC związanych integralnie z obrabiarką lub automatem technologicznym. Zadaniem układów CNC jest automatyzacja sterowania procesem technologicznym obróbki w obrabiarkach albo innymi procesami technologicznymi w automatach technologicznych (owijanie, montaż układów na pakietach, spawanie itp.)

Sterowanie procesem technologicznym w obiektach tej klasy, przez układy CNC odbywa się wg zadanego programu wprowadzanego do układów sterowania z taśmy perforowanej lub przesyłanego z systemu nadrzędnego przez linię interfejsu łączącego system CNC z systemem nadrzędnym (system DNC).

Zadania funkcjonalne

Układy CNC sterujące obrabiarkami i automatami technologicznymi powinny spełniać następujące zadania funkcjonalne:

- sterować obrabiarką lub automatem technologicznym wg zadanego programu sterującego, odczytywanego z taśmy perforowanej lub dostarczonego z systemu nadrzędnego,
- informować system nadrzędny o zakłóceniach w pracy sterowanego obiektu tj. obrabiarki lub automatu technologicznego,
- posiadać elastyczną strukturę sprzętową pozwalającą na łatwe przystosowanie układu sterującego do sterowanego obiektu (obrabiarki lub automatu technologicznego),
- umożliwiać wymianę informacji między operatorem przy obiekcie sterowanym a dyspozytorem w systemie nadrzędnym (DNC),
- umożliwiać ingerencję operatora w trakcie sterowania obiektem.

Wymagania techniczne

Parametry techniczne układów CNC:

- sterowanie 2-5 osiami (współrzędnymi) punktowo, liniowo lub obrotowo,
- możliwość rozbudowy od prostego pozycjonowania do konturowania trójwymiarowego z jednoczesną kontrolą 5 osi,
- trójwymiarowa interpolacja liniowa wybieralna w 3 lub 4 osiach,
- interpolacja kołowa rozszerzona poza jedną ćwiartkę pełny okrąg wybierania 2 z 4 osi,
- minimalny skok interpolacji w granicach od 0,001 mm do 0,002 mm w zakresie od 10 do 79 znaków,
- wybieralna wartość kroku interpolacji w zakresie od minimalnego do 10 mm,
- programowanie w układzie przyrostowym i absolutnym,
- programowanie wymiarów w milimetrach i calach,
- rozbudowany zasób standardowych, technologicznych funkcji stałych,
- programowanie w kodzie EIA (EIA/RS244) lub ISO (ISO/RS356); układ CNC powinien automatycznie rozpoznawać rodzaj kodu,
- opuszczanie nieznaczących zer w układzie - programowanie w formatach wartości współrzędnych,
- programowanie posuwów przez podawanie wprost w wartościach dogodnych dla technologa w zakresie od 1 do 10.000 mm/min
- możliwość programowania wartości obrotów bezpośrednio w obr/min
- sprawdzanie parytetu i formalnej zgodności znaków w czasie wczytywania POT do pamięci,
- możliwość wyprowadzania skorygowanych POT przez dziurkarkę taśmy papierowej,

- przesuwanie zera: programowe i ręczne dla wszystkich osi i w całym zakresie,
- zmiany wartości posuwów (ovarrida) w zakresie 40 - 120%,
- zmiana skali wymiarów obrabianego przedmiotu w zakresie 10:1,
- automatyczne przeliczanie zmian współrzędnych punktów i płaszczyzn spowodowanych obrotem stołu obrabiarki,
- kompensacja błędów skoku śrub pociągowych,
- generacja informacji sygnalizujących określone niesprawności układu,
- wczytywanie i wypisywanie przez taśmę papierową wszystkich zmagazynowanych wartości kompensacyjnych i przesuwu punktu zerowego,
- układ CNC powinien zapewnić długotrwałą 24-godzinną /na dobę pracę,
- budowa układu CNC - modularna, pozwalająca na szybką i prostą wymianę uszkodzonego bloku, co wydatnie zmniejsza czas potrzebny na naprawy.

Środki techniczne

Budowa układów CNC powinna być oparta na środkach SM, a w szczególności na mikroprocesorze CM 50/40 z pojemnością pamięci 16 kb, z możliwością rozszerzenia do 128 kb w blokach po 16 k - cykl pamięci 1 - 3,0 µs (odpowiednik Intel 8080). Układ CNC powinien być wyposażony:

- w fotooptyczny rewersyjny czytnik taśmy perforowanej o szybkości czytania ok. 150 zn./s,
- dziurkarkę taśmy perforowanej o szybkości ok. 75 zn./s
- klawiaturę do ręcznego wprowadzania danych,
- display dla wszystkich aktywnych rejestrów ze znakiem i przecinkiem,
- oddzielne wyświetlanie numerów bloków i numerów kompensacyjnych,
- klawiaturę decyzyjną.

Konstrukcja powinna być typu panelowego, zgodnie ze standardem SM.

Środki oprogramowania

Oprogramowanie systemu sterowania pojedynczą obrabiarką lub automatem technologicznym zawiera:

- program sterowania organizujący i nadzorujący pracę sterownika (jednostki sterującej), interpretujący rozkazy zawarte w zbiorze danych wejściowych, uruchamiający podprogramy (procedury) specjalne jak np. procedura interpolacji liniowej,
- zbiór danych wejściowych (program technologiczny, a w sterowaniu obrabiarkami program obróbki części),
- biblioteka podprogramów specjalnych.

W takim ujęciu program sterowania może być nazwany systemem operacyjnym sterownika.

Organizacja systemu sterowania (jednopoziomowe lub hierarchiczne - systemy DNC), a także sposób realizacji funkcji sterowania (CNC - na bazie mikro- lub miniprocesorów lub NC - na bazie specjalizowanych układów sterujących) istotnie wpływają na organizację oprogramowania systemu sterowania. W rozważanych systemach mamy zawsze układ CNC bezpośrednio dołączony do obrabiarki lub automatu technologicznego i ewentualnie nadrzędny komputer dla systemów DNC.

Funkcje oprogramowania sterownika w układzie jednopoziomowego sterowania:

a) wprowadzenie z urządzenia wejścia podzbiorów zbioru danych wejściowych, tzn. bloków rozkazowych opisujących poszczególne operacje technologiczne,
b) zarządzanie wykonaniem rozkazów opisujących poszczególne operacje technologiczne,
c) sygnalizowanie nieprawidłowości wykonania operacji technologicznych,
d) wprowadzanie poprawek dotyczących zmiany procesu technologicznego np. uwzględniających zużycie narzędzia, naddatki itp.,
e) uwzględnianie wprowadzonych poprawek w trakcie interpretacji rozkazów opisujących poszczególne operacje technologiczne,

f) sygnalizowanie końca obróbki,

g) ewentualne adaptowanie programu obróbki do dynamicznie zmieniających się technologicznych warunków obróbki.

Funkcje oprogramowania sterownika w układzie hierarchicznego sterowania (DNC): punkty b, c, f, g) jak w jednopoziomym sterowaniu oraz

a) wczytywanie bloków rozkazowych z równoczesnym kontrolowaniem poprawności transmisji np. zliczanie sumy kontrolnej

a") wysyłanie żądania dostarczenia następnego bloku rozkazów operacji technologicznych.

Pozostałe funkcje przejmuje na siebie nadrzędny komputer, który ponadto może wykonywać inne funkcje sterowania liniami technologicznymi lub centrami obróbkowymi.

Efektywność działania systemu sterowania pojedynczą obrabiarką lub automatem technologicznym w dużym stopniu zależy od dołączenia do tych systemów odpowiednich zautomatyzowanych systemów przygotowania produkcji (systemów wytwarzania programów technologicznych, zarządzania produkcją itp.).

Warunki współdziałania z innymi systemami lub nadsystemami

Układy CNC powinny współpracować z obrabiarkami, ewentualnie z automatami technologicznymi przez znormalizowany interfejs, zgodnie z VDI3422 lub przez zintegrowany interfejs ustalony z użytkownikiem do bezpośredniego sterowania funkcjami maszyny. Dopasowanie układu sterującego CNC do konkretnego typu obrabiarki lub automatu technologicznego odbywa się za pomocą specjalnego programu sterującego interpretującego program technologiczny, który jest zapisywany do pamięci typu PROM lub RAM. Program ten uwzględnia specyfikę danej obrabiarki lub automatu technologicznego oraz specyfikę procesu technologicznego.

Bezpośrednie połączenie układu CNC z obrabiarką (układami wykonawczymi) lub automatem technologicznym odbywa się przez układ dopasowująco-sterujący. "UDS" może być układem sprzętowym, stanowiącym oddzielny moduł połączony z układem CNC przez standardowy interfejs VDI 3422, lub układem programowym, tzw. "real logic software" współpracującym z odpowiednim programem sterującym; w tym wypadku hardware układu dopasowująco-sterującego ogranicza się jedynie do sterowania pewnego rodzaju układem pośredniczącym między minikomputerem a serwonapędami i układami funkcji pomocniczych obrabiarki lub automatu technologicznego.

Powszechnie stosuje się izolację galwaniczną układów CNC od układów dopasowująco-sterujących przy zastosowaniu elementów optoelektronicznych.

Układy CNC powinny mieć możliwość dołączenia komputera nadrzędnego w celu utworzenia systemu DNC, ewentualnie utworzenia linii technologicznej.

Blok współpracy powinien zapewnić możliwość wymiany informacji minikomputer - układ CNC, jak również relację odwrotną.

W wypadku wykorzystania minikomputerów SM I generacji (SM3, SM4) układ CNC powinien być dołączony do 56-przewodowej szyny interfejsu, zwanej "wspólną szyną". Takie rozwiązanie zapewnia standardową współpracę między komputerem nadrzędnym i układem CNC.

Wymagania w zakresie warunków pracy

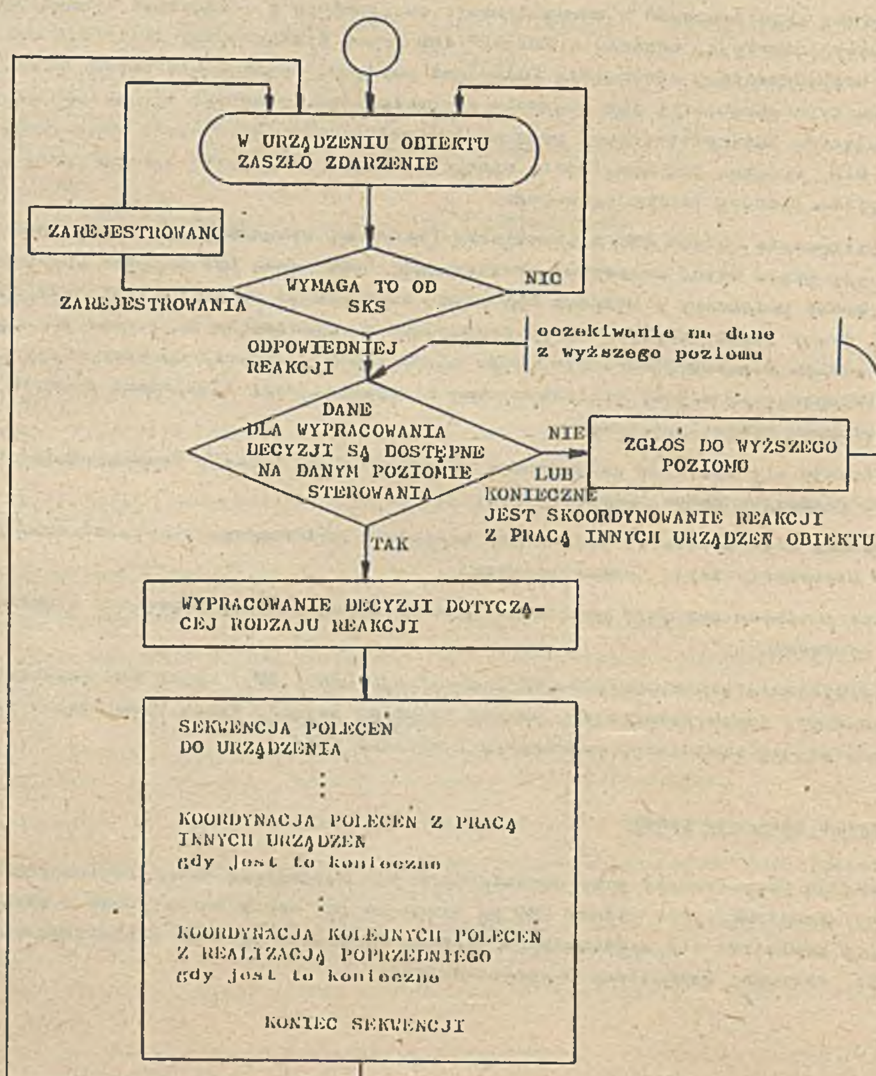
Układy CNC pracują bezpośrednio przy obrabiarkach lub automatach technologicznych w warunkach hali produkcyjnej. Konstrukcyjnie układy CNC są wykonane jak szafy hermetyczne z wymuszonym lub swobodnym obiegiem powietrza i z wymiennikiem ciepła. Pozostałe warunki techniczno-eksploatacyjne omówiono w pkt. "Warunki techniczno-eksploatacyjne".

Sterowanie grupami obrabiarek i automatów technologicznych

Określenie klasy obiektów

System obejmuje komputerowe sterowanie obiektem, w skład którego mogą wchodzić gniazda obróbcze, magazyny buforowe przedmiotów do obróbki, przedmiotów częściowo lub całkowicie obrobionych; stanowiska ładowania i rozładowania, urządzenia transportu, stoły montażowe itp. Niektóre z urządzeń obiektu mogą pracować niezależnie od siebie i są w większym lub mniejszym stopniu sterowane z systemu komputerowego. Często jednak w obiekcie realizowany jest wspólny proces produkcyjny i wówczas konieczne jest skoordynowanie pracy poszczególnych urządzeń obiektu tzn. dostarczanie odpowiednich przedmiotów do obróbki oraz ich zabieranie po obróbce.

Przyjmuje się, że urządzenia obiektu mają układy lokalnej automatyzacji i zachodzące w nich zdarzenia są sygnalizowane w postaci binarnej i wymagają binarnego sterowania. Przyjmuje się również, że czas reakcji systemu komputerowego sterowania (SKS) dla większości urządzenia obiektu nie jest krytyczny i opóźnienie nie prowadzi do awarii. W obiektach tej klasy występuje duża różnorodność sytuacji wymagających od SKS podejmowania odpowiednich decyzji i odpowiedniego sterowania oraz skoordynowania pracy urządzeń. Najczęściej ma to przebieg taki, jak przedstawiony na rysunku.



Zadania funkcjonalne

System komputerowego sterowania powinien wykonywać następujące podstawowe zadania funkcjonalne:

- sterowanie wszystkimi urządzeniami obiektu, w tym korekcja, kontrola i przesyłanie programów operacji technologicznych dla gniazd obróbczych oraz programów sterujących dla automatów technologicznych;
- koordynowanie pracy poszczególnych urządzeń obiektu;
- układanie na bieżąco optymalnego harmonogramu procesu produkcyjnego lub nadzór realizacji harmonogramu ułożonego przed rozpoczęciem zmiany przez system nadrzędny planowania produkcji (SNPP);
- wykonywanie na bieżąco raportu o przebiegu pracy w trakcie zmiany, wykonywanie końcowego raportu po zakończeniu zmiany;
- informowanie na bieżąco dyspozytora o zakłóceniach w procesie produkcyjnym i ewentualne korygowanie harmonogramu związane z wystąpieniem zakłóceń.

Przy wykonywaniu wszystkich zadań funkcjonalnych musi być zapewniona możliwość ingerencji dyspozytora oraz komunikacja z operatorami urządzeń.

Wymagania techniczne

System sterowania komputerowego powinien mieć wysokie parametry niezawodnościowe, a w szczególności:

- średni czas między uszkodzeniami - T1;
- średni czas naprawy uszkodzenia - T2;
- współczynnik czasu użytecznego - γ

Średni czas między uszkodzeniami urządzeń sprzętu systemu komputerowego sterowania powinien być co najmniej 10-krotnie większy od średniego czasu między uszkodzeniami urządzeń obiektu sterowanego.

W celu uzyskania wysokiej niezawodności systemu należy stosować odpowiednie środki sprzętowe, programowe i organizacyjne umożliwiające szybką lokalizację i naprawę uszkodzeń oraz ułatwiające okresową obsługę techniczną.

Stosowany w systemie rodzaj transmisji sygnałów powinien być odporny na zakłócenia przemysłowe. Powszechnie stosuje się izolację galwaniczną przy przesyłaniu sygnałów na dalszą odległość (między urządzeniami systemu komputerowego sterowania układami sterującymi bezpośrednio urządzeniami produkcyjnymi) w warunkach hali produkcyjnej używając układów optoizolacyjnych. Podstawowe standardy napięciowe sygnałów dla tego rodzaju transmisji wynoszą 24V i 48V przy prądzie nie przekraczającym 150 mA. Dodatkową zaletą tego typu układów jest to, że wytrzymują napięcia ponad 1000 V nie ulegając zniszczeniu.

System powinien umożliwiać wielopoziomowe sterowanie urządzeniami obiektu np. sterowanie komputerowe, sterowanie z pulpitów pewnymi urządzeniami obiektu a innymi z komputera lub z podsystemów sterowania lokalnego (autonomicznego). Ma to na celu zapewnienie ciągłości pracy obiektu mimo uszkodzenia pewnych jego części. W związku z tym należy również rozważyć konieczność stosowania "gorącej rezerwy" dla modułów szczególnie istotnych w prawidłowym przebiegu procesu produkcyjnego.

Środki techniczne

W skład systemu komputerowego sterowania wchodzą następujące podsystemy i urządzenia:

- układy lokalnego sterowania urządzeniami obiektu,

- urządzenia sterowania numerycznego pojedynczymi obrabiarkami i automatami technologicznymi opisane w punkcie "Sterowanie obrabiarkami i automatami technologicznymi",
- układy transmisji sygnałów,
- urządzenia specjalizowane,
  - umożliwiające sprzężenie między zestawami minikomputerowymi a podsystemami sterowania numerycznego poszczególnymi obrabiarkami i automatami technologicznymi oraz innymi urządzeniami obiektu,
  - umożliwiające sprzężenie między zestawami minikomputerowymi a systemem nadrzędnym,
  - moduły zawierające tablice synoptyczne i elementy manipulacyjne do sterowania urządzeniami obiektu,
- zestawy minikomputerowe (mikrokomputerowego).

Budowa urządzeń systemu komputerowego sterowania powinna być oparta na sprzęcie SM. W szczególności jeśli chodzi o tego rodzaju zastosowania przewidywane są typy minikomputerów SM 50/40, SM 50/51 oraz SM 52/10 i SM 52/20 - o podwyższonej niezawodności jak również w wielu wypadkach minikomputery wieloprocesorowe serii SM 53.

Oprogramowanie

Oprogramowanie systemu komputerowego sterowania zespołem obrabiarek lub linią technologiczną powinno składać się z następujących części:

- systemu operacyjnego (zbiór parametrów zarządzających pracami systemu i podstawowych programów obsługi - problem ten omówiono w opracowaniu J. Mysiora "Problemy automatyzacji wytwarzania oprogramowania dla obiektowych systemów komputerowej automatyzacji"),
- pakietu programów użytkowych, w skład których wchodzą:
  - programy sprawdzania wartości granicznych i dopuszczalnych szybkości zmian zmiennych,
  - programy filtracji danych i sprawdzania ich wiarygodności,
  - programy alarmowania przekroczeń,
  - programy wypracowywania sterowań do urządzeń wykonawczych,
  - programy komunikacji z operatorem,
  - programy sterowania, przy czym w zakresie sterowania zespołami obrabiarek obejmuje ono:
- programy rozdziału zadań w czasie na poszczególne obrabiarki,
- programy sterowania urządzeniami załadowczo-rozładowczymi,
- programy numerycznego sterowania obrabiarkami itd.,

w zakresie linii technologicznych natomiast

- programy sterowania przepływem półfabrykatów zapewniające synchroniczną pracę odcinkami linii,
- programy sterowania transportem manipulacyjnym itp.,
- pakiet programów diagnostycznych, w skład którego wchodzą:
  - programy wykrywające błędy,
  - programy określające uszkodzone podzespoły systemu.

Współdziałanie z innymi systemami

System komputerowego sterowania powinien współpracować z systemem planowania i organizacji produkcji. System planowania i organizacji produkcji:

- umożliwia opracowanie programów technologicznych i innych programów sterujących,
- rozwiązuje zagadnienia planowania okresowego i operatywnego, uwzględniając między innymi gospodarkę materiałami i narzędziami,
- opracowuje zmianowy harmonogram prowadzenia procesu produkcyjnego.

Współdziałanie systemu komputerowego sterowania z systemem planowania i organizacji produkcji powinno polegać na:

- dostarczaniu przez system komputerowego sterowania do systemu planowania i organizacji produkcji
  - raportów o wykonaniu zadań poprzedniej zmiany i stanie obiektu,
  - informacji o zaistniałych zakłóceniach w przebiegu procesu produkcyjnego (wraz z aktualnym stanem obiektu w momencie zaistnienia zakłócenia),
- dostarczaniu przez system planowania i organizacji produkcji do systemu komputerowego sterowania
  - harmonogramu zmianowego prowadzenia procesu produkcyjnego,
  - poprawionego harmonogramu uwzględniającego zaistniałe zakłócenia.

Bardziej rozbudowane systemy komputerowego sterowania mogą przejmować pewne funkcje systemu planowania i organizacji produkcji.

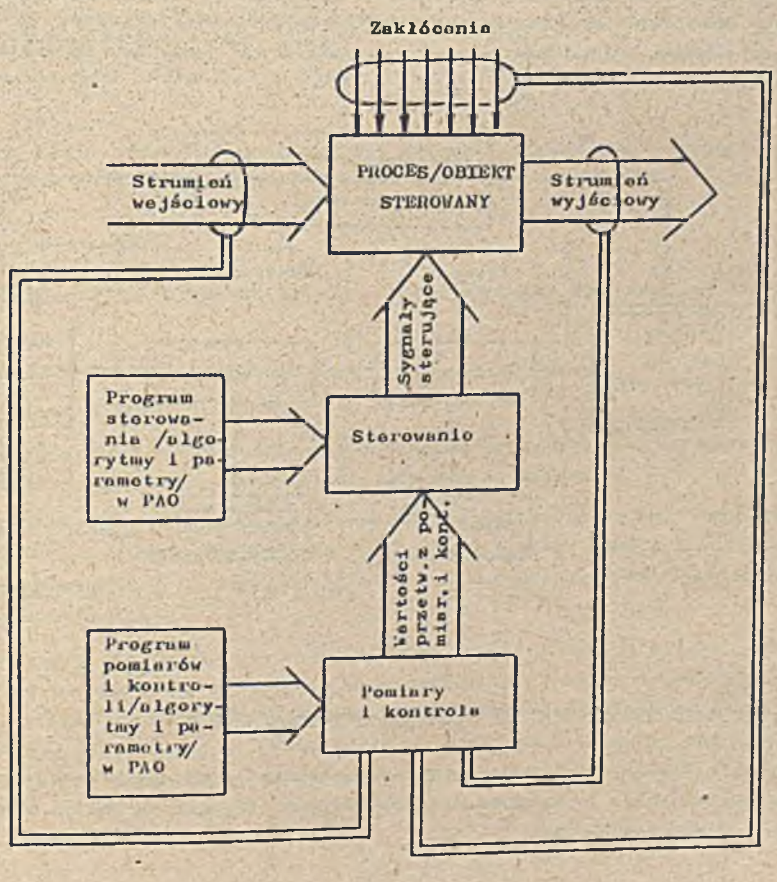
Współdziałanie systemu komputerowego sterowania procesem produkcyjnym może się odbywać bezpośrednio przez standardowe urządzenia transmisji lub pośrednio przez dostarczanie danych zapisanych np. na taśmie perforowanej.

System planowania i organizacji produkcji wykorzystuje sprzęt jednolitego systemu o dużej mocy obliczeniowej.

Systemy kontrolno-pomiarowe

Określenie klasy systemów

Zasadniczym zadaniem systemów kontrolno-pomiarowych w przemyśle maszynowym jest ocena poprawności przebiegu procesu lub ocena jakości wytwarzanych wyrobów. Systemy kontrolno-pomiarowe mogą występować jako samodzielne systemy lub w powiązaniu z systemami sterowania. W ramach systemów sterowania występują w powiązaniu jak na rysunku.



Rozróżnia się następujące klasy systemów kontrolno-pomiarowych:

- Podsystemy kontrolno-pomiarowe wchodzące w skład systemu sterowania kontroli i pomiarów.
- Systemy badań i diagnostyki złożonych wyrobów.
  Przeznaczeniem ich są pomiary i kontrola parametrów wyrobu z równoczesnym symulowaniem oddziaływania środowiska mechanoklimatycznego lub/i innych wymuszeń specyficznych dla danego wyrobu.

Zadania funkcjonalne systemów kontrolno-pomiarowych

- Pomiary i rejestracja
- Przetwarzanie danych pomiarowych
- Kontrola wielkości fizycznych procesu
- Diagnostyka wykrytych nieprawidłowości w procesie
- Testowanie ON LINE całości systemu

Systemy kontrolno-pomiarowe realizują swoje zadania przez pomiar, kontrolę i diagnostykę.

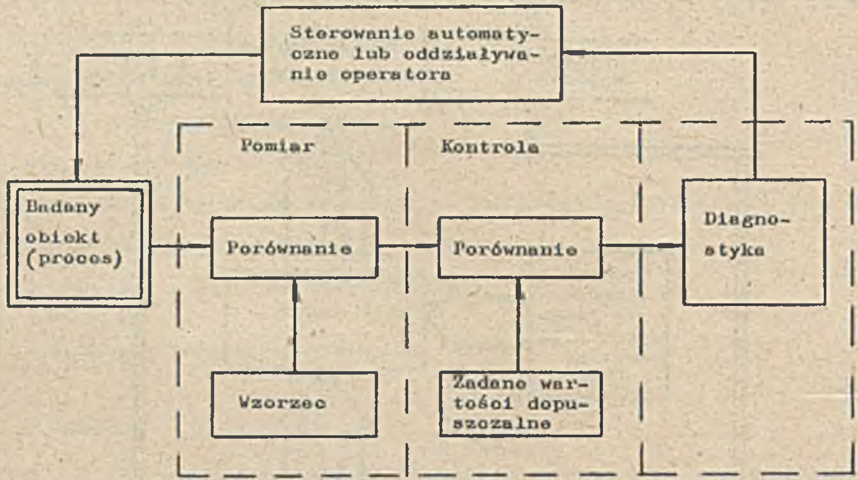
- Pomiar składa się:

  1 z pomiaru właściwego (wybór zakresu pomiarowego, porównania z wzorcem, odczyt wyniku porównania, rejestracja lub tylko pamiętanie wyników),

  2 z opracowania wyników pomiaru (obróbka wyników, ich interpretacja, określenie dokładności, zapamiętanie wyników lub/i rejestracja).

  Pomiar umożliwia ilościową ocenę procesu/obiektu.

- Kontrolę stanowi niezbędne uzupełnienie pomiarów umożliwiające ocenę jakościową procesu (obiektu).
  Kontrola polega na określeniu czy zmierzone parametry znajdują się w ustalonych przedziałach, a tym samym czy badany obiekt (proces) jest prawidłowy, czy też nie.
- Diagnostyka umożliwia określenie przyczyn nieprawidłowości wykrytych przez układy kontroli.
  Uproszczony schemat układu kompleksowej automatyzacji pomiarów, kontroli i diagnostyki pokazano na rysunku.



Sprzęt dla systemów kontrolno-pomiarowych i diagnostycznych

Dobór sprzętu dokonywany będzie każdorazowo stosownie do specyficznych żądań funkcjonalnych konkretnego systemu oraz wymagań techniczno-eksploatacyjnych ze zbioru zunifikowanych elementów sprzętowych zawartych w SM EMC.

Hierarchiczność konfiguracji i modularność konstrukcji powinny umożliwiać tworzenie na tej samej bazie sprzętowej szerokiej gamy systemów, poczynając od prostych autonomicznych zestawów kontrolno-pomiarowych (w szczególności testerów) aż po dwupoziomowe systemy kontrolno-pomiarowe w dużych zakładach wytwórczych skojarzonych z poziomem sterowania, a niekiedy - z poziomami kierowania i zarządzania. Struktura systemu - 1- lub 2-poziomowa.

P o z i o m n a d r z ę d n y

- JC z typoszeregu SM EMC II generacji umożliwiająca pracę m.in. dwuprogramową w reżimie czasu rzeczywistego, o mocy obliczeniowej zależnej od wielkości strumienia informacji żądanego stopnia przetworzenia i wymagań na szybkość obsługi zdarzeń na obiekcie.
- PAO - od 16 - 32 k, czas dostępu 500 ns, czas cyklu ok. 1000 ns.
- Pamięci zewnętrzne - dysk magnetyczny, a w niektórych sytuacjach wystarczy dysk elastyczny lub kaseta magnetyczna. Niekiedy wskazana będzie rezygnacja z tych urządzeń na korzyść powiększenia PAO do 64 k.
- Urządzenia WE/WY na taśmę papierową lub/i dysk elastyczny, czy kaseta magnetyczna, drukarka wierszowa (mozaikowa), monitor ekranowy.
- Urządzenia operatorskie - tablica synoptyczna lub/i monitory graficzne, klawiatura funkcyjna dla głównego operatora, niekiedy wyjścia foniczne oraz alarmy - optyczny i akustyczny.
- Procesor peryferyjny - niekiedy celowe będzie sterowanie wszystkimi urządzeniami peryferyjnymi i operatorskimi z oddzielnego sterownika klasy SM 50/40.

I n t e r f e j s y m i ę d z y p o z i o m o w e - system będzie mieć odpowiednie interfejsy wchodzące do zbioru standardowych w SM EMC, dostosowane do potrzeb i warunków obiektu - np.:

- interfejs S2/V-24 przydatny do komunikacji z modemami na wielkich dystansach lub bez modemów na dystansach do 500 m przy 9,6 kboda (w niektórych wypadkach nawet do 2 km);
- interfejs szeregowy szybki - dystans 1 km przy 1 Mboda;
- interfejsy równoległe w tym do "wspólnej szyny" dla połączeń na dystansach ok. dziesiątków metrów.

U w a g a: Każdy, nawet aktualnie autonomiczny system powinien mieć możliwość sprzężenia z innymi systemami za pomocą standardowych środków.

P o z i o m p o d r z ę d n y

- Sterownik - klasy SM 50/30 lub SM 50/40, a jeśli wymagana jest większa moc obliczeniowa - SM 50/51,
- pamięć typu RAM od 0,5 kbajt do 4 kbajt,
- pamięć typu ROM od 2 kbajt do 8 kbajt,
- urządzenia operatorskie - w zakresie rzeczywiście niezbędnym, jak klawiatura funkcyjna, wyświetlacze lub monitor graficzny, ekranowy czy urządzenie alarmowe,
- urządzenia peryferyjne - w zestawach autonomicznych niepołączonych z poziomem nadrzędnym może istnieć potrzeba zainstalowania niektórych urządzeń jak np. kasety magnetycznej lub dysku elastycznego, przeznaczonych do magazynowania danych lub przechowywania programów sterujących (tester wielofunkcyjny),
- urządzenie sprzężenia z obiektem - stanowi zestaw zunifikowanych bloków (minimodułów) należących do jednego ze standardowych systemów sprzężenia z obiektem dopuszczalnych w SM EMC. Zestaw ten jest na ogół zintegrowany konstrukcyjnie i interfejsowo ze sterownikiem. Asortyment bloków w zestawie dobierany jest do konkretnego zastosowania. Pełny asortyment bloków umożliwia wprowadzanie i wyprowadzanie następujących sygnałów:

- **Sygnały WE:**
  - dwustanowe statyczne i przerywające
  - impulsowe
  - analogowe.
- **Sygnały WY:**
  - dwustanowe
  - impulsowe (np. sterowanie silnikami krokowymi)
  - analogowe.

Parametry elektryczne sygnałów:

- prądowe 0 - 5 mA, o - 20 mA, 4 - 20 mA (tylko dla dwustanowych) oraz 0 - 100 mA i 0 - 500 mA,
- napięciowe 0 - 0,1 V, 0 - 1 V, 0 - 10 V oraz tylko dla dwustanowych poziom TTL, 24 V, 1 - 10 V.

U w a g a: W niektórych zastosowaniach (laboratoria zakładowe, zestawy do badań i testowania wyrobów elektrycznych lub elektronicznych) rolę systemu sprzężenia z obiektem spełniać będzie zestaw elektronicznych przyrządów pomiarowych połączonych wspólnym standardowym interfejsem JS P-2 wg IEC umożliwiającym sterowanie procesem pomiaru za pomocą sterownika mikroprocesorowego lub kalkulatora programowanego. Wspomniany interfejs jest standardem międzynarodowym stosowanym powszechnie przez producentów przyrządów pomiarowych.

Oprogramowanie

Oprogramowanie systemów kontrolno-pomiarowych powinno mieć strukturę wielopoziomową i budowę modularną odpowiadającą architekturze sprzętowej. Umożliwi to optymalne dopasowanie oprogramowania do wymagań konkretnego obiektu przy minimalizacji wymagań dotyczących objętości pamięci.

Oprogramowanie poziomu nadrzędnego

Składa się z następujących części: oprogramowania podstawowego, użytkowego i technicznego.

- Oprogramowanie podstawowe - (systemowe) odpowiada strukturze sprzętowej, a zawiera system operacyjny czasu rzeczywistego, programy współpracy z urządzeniami peryferyjnymi i operatorskimi (w wypadku istnienia wyodrębnionego procesora peryferyjnego rolę tę przejmie jego oprogramowanie) oraz programy współpracy z interfejsami do poziomu podrzędnego i do poziomu zarządzania i kierowania (jeśli takie sprzężenia istnieją).
- Oprogramowanie użytkowe - odpowiada algorytmom przetwarzania dla tego poziomu a w szczególności:
  - sterowania procesem zbierania danych z poziomu podrzędnego,
  - analizy zebranych danych,
  - rejestracji przetwarzanych danych i sporządzania żądanej dokumentacji (np. co godzinę, zmianę lub dobę),
  - współpracy z operatorem poziomu nadrzędnego (np. w trybie konwersacyjnym),
  - postępowania na wypadek awarii na poziomie własnym, jak i podrzędnym (w tym rejestracja awarii, sygnalizacja awarii).
- Oprogramowanie techniczne - testy i programy diagnostyczne IC, PAO, urządzeń peryferyjnych, operatorskich interfejsów międzypoziomowych (niektóre z testów powinny być wykonywane ON LINE okresowo lub w dowolnym czasie komputera).

Oprogramowanie poziomu podrzędnego

- Oprogramowanie podstawowe odpowiada strukturze użytego sprzętu:
  - system operacyjny sterownika, programy obsługi urządzeń operatorskich (i peryferyjnych), urządzeń sprzężenia z obiektem oraz programy współpracy z interfejsem z poziomu nadrzędnego.
- Oprogramowanie użytkowe odpowiada algorytmom pomiaru i wstępnego przetwarzania informacji, w szczególności:

- filtracja cyfrowa i uśrednianie wartości pomiarowych,
- kontrola parametrów nadzorowanego fragmentu procesu (obiektu),
- współpraca z operatorem (jeśli istnieje),
- postępowanie na wypadek awarii,
- współpraca z poziomem nadrzędnym.

• Oprogramowanie techniczne zawiera testy ON LINE oraz programy diagnostyczne.

Systemy zbierania informacji

Przedmiotem opracowania są systemy zbierania informacji ukierunkowane głównie na zastosowania w przemyśle maszynowym. Zbieranie i gromadzenie danych może być dokonywane w trybie on-line lub off-line. W pierwszym wypadku informacje zbierane w systemie są bezpośrednio przesyłane do dużego komputera (np. R-32) sterującego zautomatyzowanym systemem zarządzania produkcją lub do ośrodka obliczeniowego, gdzie są wykorzystywane do celów sprawozdawczości i planowania produkcji, obliczania kosztów i sporządzania zapotrzebowań materiałowych, dla celów płacowych itp. W drugim - dane gromadzone są najpierw na nośnikach informacji (dyski, taśmy magnetyczne, taśmy dziurkowane, karty dziurkowane), a następnie dostarczane są do centralnego komputera lub do ośrodka obliczeniowego, gdzie są wykorzystywane do tych samych celów, jak w pierwszym wypadku. Często tworzy się mieszane systemy zbierania informacji, w których część danych przesyłana jest bezpośrednio linią transmisji danych - na wyższy poziom hierarchicznego systemu zarządzania przedsiębiorstwem, część zaś danych gromadzonych jest lokalnie na maszynowych nośnikach informacji do późniejszego wykorzystania.

Systemy zbierania informacji są wykorzystywane głównie do celów zarządzania przedsiębiorstwem. Jednak niektóre dane dostarczane przez zautomatyzowany system zbierania informacji mogą służyć do bieżącego sterowania procesem produkcyjnym przez dyspozytora. W niniejszym opracowaniu uwzględnia się wymagania stawiane systemom zbierania danych dla wypełniania zadań dyspozytorskich.

System zbierania danych składa się z centralnej jednostki sterującej (CJS) i urządzeń końcowych (terminali) połączonych z nią za pomocą linii przesyłowych i urządzeń transmisji danych takich, jak modemy (lub inne urządzenia przekształcania sygnałów) i multipleksory lub koncentratory danych. Gdy odległości terminali między sobą i między CJS są niewielkie (kilkaset metrów), w liniach przesyłowych nie muszą być stosowane modemy ani inne urządzenia przekształcania sygnałów. Rolę CJS powinien spełniać minikomputer SM EMC, dobrany odpowiednio do zadań stawianych systemowi zbierania informacji, którym ma sterować.

W systemach zbierania danych dla wypełniania zadań dyspozytorskich stanowiska dyspozytorskie są podłączane do CJS: lokalnie, jako konsole operatorskie, bądź zdalnie, jako główne terminale o najwyższym priorytecie dostępu do CJS i do innych terminali.

Zautomatyzowane systemy zbierania informacji eliminują żmudny, długotrwały i kosztowny proces ręcznego sporządzania dokumentów źródłowych i ręcznego przenoszenia danych na maszynowe nośniki informacji. Charakteryzują się one tym, że dane zbierane są bezpośrednio w miejscu ich powstawania i prawie w tym samym czasie mogą być dostarczone do wykorzystania w systemie zautomatyzowanego zarządzania przedsiębiorstwem.

Zadania funkcjonalne

Podstawowymi zadaniami terminali w systemach zbierania danych są:

• odbieranie informacji wprowadzanych ręcznie w miejscu i czasie ich powstawania (na stanowiskach pracy w halach montażowych, na stanowiskach obróbczych, w magazynach, składach, rozdzielniach, laboratoriach itp.),

- kontrolowanie poprawności wprowadzanych danych przed ich przesłaniem do CJS,
- formowanie i zapamiętywanie danych do czasu ich przesłania,
- automatyczne przesyłanie do CJS zapamiętanych danych w momencie wywołania terminala przez CJS,
- sygnalizowanie obsłudze awarii uniemożliwiających komunikację terminala z CJS.

Opcjonalnie terminale powinny realizować następujące zadania:

- instruowanie operatorów o kolejności dokonywania czynności obsługowych w czasie wprowadzania danych;
- wydruk na papierze dla celów dokumentacyjnych, informacji wprowadzanych do terminala ze źródeł informacji;
- zbieranie danych ze źródeł informacji bez udziału operatorów, za pomocą czujników podłączonych do terminala przez separator optyczny;
- przyjmowanie informacji przesyłanych do terminala z CJS i eksponowanie ich w formie czytelnej dla obsługi (wyświetlanie i/lub drukowanie napisów).

Podstawowe funkcje CJS w systemie zbierania danych są następujące:

- sterowanie siecią terminali przez multipleksor lub koncentrator danych;
- odbiór informacji z terminali i kontrola wierności transmisji;
- wstępne przetwarzanie informacji;
- gromadzenie danych w lokalnej pamięci masowej lub zapis ich na maszynowych nośnikach informacji i/lub przesłanie danych do stanowiska dyspozytorskiego i/lub na wyższy poziom zarządzania.

Gdy do CSJ jest podłączone stanowisko dyspozytorskie powinna ona przyjmować polecenia dyspozytora i zgodnie z nimi przesyłać żądane informacje do operatorów terminali.

Opcjonalnie CJS powinna realizować automatyczne, okresowe przesyłanie informacji do operatorów terminali (np. datę i dokładny czas) oraz przesyłanie do terminali informacji żądanych przez operatorów.

Warunki współdziałania z systemem nadrzędnym

Systemy zbierania informacji powinny spełniać następujące wymagania dotyczące współpracy z systemem na wyższym poziomie zarządzania:

- postacie i formaty danych powinny być dostosowane do wymagań stawianych przez programy użytkowe stosowane na wyższym poziomie zarządzania;
- dopasowanie postaci i formatów danych do wymagań wyższego poziomu zarządzania powinno być w systemach zbierania informacji dokonywane drogą wyboru odpowiedniego sprzętu oraz drogą stosowania odpowiednich programów wstępnego przetwarzania danych w CJS;
- przy bezpośrednim przesyłaniu danych z CJS (w trybie on-line) do systemu nadrzędnego, dane powinny być przesyłane w kodzie komunikacyjnym wymaganym przez system nadrzędny;
- zmiana kodu komunikacyjnego powinna w CJS być dokonywana programowo;
- do celów komunikacji z komputerem nadrzędnym centralna jednostka sterująca (minikomputer SM EMC) powinna być wyposażona w standardowy styk komunikacyjny (interface) S2 odpowiadający zaleceniom V24 CCITT.

Podstawowymi wymaganiami techniczno-eksploatacyjnymi, stawianymi systemom zbierania danych są:

- bezpośrednie, szybkie i bezbłędne zbieranie informacji w miejscu ich powstawania,
- szybkie i wierne przekazywanie informacji do wykorzystania na wyższym poziomie zarządzania.

Potrzeba wykorzystywania danych prawie w tym samym czasie, w którym one powstają powoduje, 20
niektóre systemy zbierania danych muszą pracować w czasie rzeczywistym.

Sprzęt, na którym powinny być realizowane systemy zbierania danych

Podstawowe środki techniczne systemów zbierania informacji to:

- centralne jednostki sterujące,
- terminale,
- urządzenia transmisji danych,
- linie przesyłowe.

Centralne jednostki sterujące powinny być realizowane na typowych minikomputerach SM EMC drugiej generacji, których konfiguracje powinny być dobrane odpowiednio do zadań wypełnianych przez system. Pojemności pamięci operacyjnej procesora SM EMC powinny wynosić 4-32 Kbajtów.

Pojemności pamięci masowych wchodzących w zestaw urządzeń zewnętrznych powinny wynosić 5-50 Mbitów.

Konfiguracja minikomputera stanowiącego CJS powinna być modularna, aby ją można było łatwo przystosować do różnych zakresów zadań wypełnianych przez system, odpowiednio do potrzeb i wymagań użytkowników.

Terminale powinny być urządzeniami końcowymi typowymi dla systemów zbierania danych.

Terminal w systemie zbierania danych powinien charakteryzować się:

- zwartą budową,
- konstrukcją umożliwiającą długotrwałą pracę (24 godz/dobę) w warunkach podwyższonego zapylenia w zakresie temperatur otoczenia +5° - +50°C, w zakresie wilgotności względnej 10% - 90%,
- prostotą obsługi, umożliwiającą operowanie na nim pracownikom nie posiadającym specjalnych kwalifikacji.

Terminal zbierania danych powinien być sterowany mikroprocesorem, a jego "problemowe zorientowanie", tzn. przystosowanie do zadań stawianych przez użytkowników powinno się odbywać na drodze mikroprogramowej. Zestaw jego urządzeń wprowadzania danych powinien być również w łatwy sposób dobierany do zakresu zadań terminala. Typowymi urządzeniami wprowadzania danych do terminala powinny być:

- czytniki standardowych kart dziurkowanych, 80-kolumnowych, z których część informacji (do 16 kolumn) może być odczytana statycznie,
- czytniki żetonów (typowe karty plastykowe dla identyfikacji personalnej, identyfikacji maszyn itp.),
- czytniki kart instruktażowych (typowe karty pracy, karty materiałowe itp.),
- klawiatury numeryczne i alfanumeryczne.

Oprócz tego w zestaw urządzeń terminala wchodzą:

- specjalne minidrukarki znakowe lub wierszowe (podobne do drukarek stosowanych w kalkulatorach) drukujące do 16 znaków w wierszu,
- wyświetlacze krótkich napisów (do 24 znaków),
- sygnalizatory świetlne i akustyczne (lampki i brzęczyki).

Ponadto powinna być możliwość opcjonalnego podłączenia do terminala do 64 wejść cyfrowej drukarki znakowej (dla celów dokumentacyjnych).

Pobór mocy przez terminal nie powinien przekraczać 100 VA przy zasilaniu z sieci 220 V + 10%, -15%; 50 ± 1 Hz.

Dla komunikacji z CJS terminal powinien być wyposażony w standardowy styk S2 według zaleceń V24 CCITT.

Ze względu na stochastyczny charakter procesu zbierania danych terminal powinien komunikować się z CJS za pomocą transmisji asynchronicznej.

Przesyłanie danych między terminalem a CJS powinna odbywać się przy użyciu typowych modemów przez linię telefoniczną z szybkością transmisji wynoszącą 1200/2400 b/s lub bez użycia modemów przez specjalne linie kablowe, umożliwiające bezbłędne przesyłanie informacji dyskretnych na odległość do kilkuset metrów, z szybkością do 100 Kb/s.

Modemy powinny spełniać analogiczne wymagania konstrukcyjne i klimatyczne, jak terminale.

Terminale powinny pracować na liniach dwupunktowych lub wielopunktowych. Do linii wielopunktowej (np. typu pętli) powinno być możliwe podłączenie do 50 terminali.

Przesyłanie danych między CJS a komputerem na wyższym poziomię zarządzania powinno się odbywać transmisją synchroniczną z szybkością 9600 - 19200 b/s.

Linie przesyłowe powinny być dołączone do CJS przez multipleksor lub koncentrator danych wyposażony w odpowiednie adaptery liniowe.

Multipleksor lub koncentrator danych powinien być dołączony do CJS bezpośrednio przez adaptery kanał-kanał.

Do multipleksora lub koncentratora powinno być możliwe podłączenie do 16 linii terminalowych. Maksymalna liczba terminali podłączonych do jednego multipleksora lub koncentratora zależy od intensywności procesu zbierania danych oraz od ogólnej przepustowości multipleksora lub koncentratora, która nie powinna być mniejsza niż 250 Kb/s. Te same zależności dotyczą liczby wszystkich terminali w poszczególnym systemie zbierania danych.

Multipleksor lub koncentrator w rozbudowanym systemie zbierania informacji powinien być również zrealizowany na minikomputerze SM EMC, którego moc obliczeniowa powinna być jednak z reguły mniejsza, niż minikomputera pełniącego rolę CJS. Do jednej CJS powinno być możliwe podłączenie do 16 koncentratorów danych lub multipleksorów.

W systemach, w których ogólna liczba linii terminalowych nie przekracza 16, zadania koncentratora lub multipleksora może spełniać ten sam minikomputer, który wypełnia rolę CJS. W zakresie wymagań konstrukcyjnych i warunków klimatycznych - CJS oraz multipleksory i koncentratory muszą spełniać wymagania stawiane ogólnie minikomputerom SM EMC drugiej generacji.

Specjalnymi wymaganiami dotyczącymi stanowisk dyspozytorskich pracujących w systemach zbierania informacji są:

- dobra, czytelna dla człowieka ekspozycja informacji przesyłanych z terminali na stanowisko dyspozytorskie;
- wydruk danych dla celów kontrolnych i dokumentacyjnych;
- szybkie i bezbłędne przekazywanie poleceń dyspozytora do wybranych przez niego terminali lub do CJS albo przekazywanie informacji kierowanych przez niego do nadrzędnego systemu zarządzania.

W niektórych sytuacjach jako stanowiska dyspozytorskie mogą pracować typowe monitory ekranowe z klawiaturami i drukarkami znakowymi.

Urządzenia, na których mają być realizowane systemy zbierania danych powinny być typowymi urządzeniami objętymi nomenklaturą SM EMC drugiej generacji.

Oprogramowanie systemów zbierania danych

Zestaw oprogramowania dla konkretnego systemu zbierania danych powinien być dostosowany do jego zadań. Ogólnie oprogramowanie to można podzielić na:

- oprogramowanie podstawowe, do którego należy
  - główny program nadzorczy CJS,
  - moduł ładowania pamięci operacyjnej,
  - moduły obsługi urządzeń zewnętrznych itp.;
- oprogramowanie komunikacyjne systemu, w skład którego wchodzą
  - programy komunikacji synchronicznej z systemem nadrzędnym,
  - programy sterujące transmisją asynchroniczną w sieci terminalowej,
  - moduły translacji kodów itp.;
- oprogramowanie użytkowe, do którego między innymi należą
  - pakiet obróbki ciągów znaków,
  - moduł edycji tekstów,
  - moduły formatowania danych,
  - biblioteka mikroprogramów terminalowych;

- oprogramowanie techniczne, do którego należą
  - testy urządzeń zewnętrznych CJS,
  - programy diagnostyczne CJS,
  - programy diagnostyczne i testujące multipleksor lub koncentrator,
  - programy testowania linii i modemów,
  - programy testowania terminali.

Metody i środki automatyzacji technicznego przygotowania produkcji

Jedną z podstawowych funkcji systemu PK sterowanie niewielkim zakładem przemysłowym jest automatyzacja cyklu technicznego przygotowania produkcji. Cykl ten składa się z następujących podstawowych elementów:

- przygotowanie konstrukcyjne
- przygotowanie technologiczne
- przygotowanie organizacyjne produkcji
- planowanie produkcji.

W technicznym przygotowaniu produkcji należy wyróżnić dwa podstawowe obszary automatyzacji. Pierwsza to automatyzacja prac inżynierskich konstrukcyjnych, takich jak:

- obliczenia wytrzymałościowe statyczne,
- obliczenia kinematyczne dynamicznych obciążeń maszyn,
- obliczenia obciążeń cieplnych, analizy termodynamicznej,
- obliczenia przepływu czynników ciekłych i gazowych stosowanych przy projektowaniu zespołów i mechanizmów czy układów występujących w strukturze maszyny,
- automatyzacja obliczeń związanych z optymalizacją konstrukcji,
- automatyzacja obliczeń wyników prób i badań konstrukcyjnych,
- automatyzacja prac kreślarskich,
- automatyzacja projektowania pakietów elektronicznych.

Drugi obszar to automatyzacja prac technologicznych i planistycznych produkcji:

- modelowanie matematyczne, optymalizacja zależności przebiegu i parametrów procesów wytwarzania wyrobów (skrawanie, obróbka plastyczna, cieplna, przetwórstwo tworzyw sztucznych, odlewnictwo, montaż itp.),
- obliczanie i projektowanie narzędzi i oprzyrządowania specjalnego do ww procesów wytwarzania,
- obliczanie i projektowanie systemów sterowania procesami maszynowymi,
- dokonywanie wyboru i optymalizacji wariantu technologicznego,
- opracowywanie programów obróbki części,
- opracowywanie programów montażu,
- projektowanie norm pracy,
- opracowywanie planów okresowych,
- opracowywanie planów bieżących,
- opracowywanie zadań na poszczególne stanowiska,
- opracowywanie kalkulacji kosztów,
- planowanie terminu realizacji,
- obliczanie pracochłonności wyrobów,
- obliczanie cykli produkcyjnych,
- rozplanowanie stanowisk roboczych,
- planowanie przepływu materiałów.

Celem automatyzacji technicznego przygotowania wyrobów jest:

- poprawa własności użytkowych i jakości konstruowanych maszyn i urządzeń,
- zmniejszenie materiałochłonności i energochłonności konstrukcji,
- zastąpienie badania modeli fizycznych badaniami symulacyjnymi na maszynach cyfrowych,
- zmniejszenie pracochłonności i skrócenie cyklu opracowywania nowych konstrukcji,

- poprawa jakości projektów technologicznych, jego parametrów i normatywów zużycia, a tym samym podniesienie efektywności obróbki i kosztów procesu technologicznego,
- lepsze wykorzystanie środków produkcji przez zastosowanie matematycznych metod doboru optymalizacji,
- usprawnienie informacji technicznej przez zorganizowanie bibliotek programów i banku danych,
- skrócenie czasu i cyklu przygotowania procesu technologicznego,
- skrócenie cyklu produkcyjnego wyrobu,
- obniżka pracochłonności wyrobu,
- optymalizacja rozmieszczenia stanowisk roboczych na wydziałach.

W problemach technicznego przygotowania produkcji jednym z podstawowych zagadnień jest automatyzacja, wytwarzanie programów obróbki części mechanicznych i programów produkcji pakietów. W dalszej części będą omówione szczegółowo zagadnienia:

- POK dla wytwarzania programów części mechanicznych,
- (PK) dla wytwarzania programów produkcji pakietów.

<u>POK dla wytwarzania programów obróbki części</u>

Środki realizacji procesów komputerowo wspomaganego wytwarzania programów obróbki części (OC)

Systemy wytwarzania programów OC, tzn. sekwencyjnych zapisów w języku sterownika, kolejnych położeń narzędzia względem obrabianej części i związanych z tym parametrów technologicznych (np. chłodzenie, szybkość itp.) mogą być realizowane zarówno w wersjach komputerowych jak i minikomputerowych. Wprawdzie zasadniczym obszarem zainteresowań niniejszego opracowania są zastosowania minikomputerów SM; to uwzględnienie w nim systemów komputerowych wynika z faktu, że przy wielu procesach obróbczych wytworzenie odpowiednich programów OC wymaga zaangażowania bardzo dużych mocy obliczeniowych wyrażalnych w rozmiarach PAO (z reguły od 128 kb do 1 Mb), dokładności obliczeń sprzętowej realizacji operacji arytmetycznych itp.

<u>Oprogramowanie</u>

Rozpatrując zagadnienia oprogramowania systemów komputerowo wspomaganego wytwarzania programów OC mamy do czynienia zarówno z oprogramowaniem maszyn technologicznych tzn. z takim opracowania systemu programowego służącego do wytwarzania programów OC, jak i z oprogramowaniem maszyn eksploatacyjnych tzn. bezpośrednio z systemem programowym wspomagającym wytwarzanie programów OC. Często mamy do czynienia z sytuacją, w której jeden (fizycznie) komputer jest używany jako maszyna technologiczna i jako maszyna eksploatacyjna, ale z punktu widzenia procesu wytwarzania systemu programowego dla maszyny eksploatacyjnej i procesu wytwarzania programów OC są to dwa różne komputery. Zasadnicze znaczenie w tym kontekście ma oprogramowanie tzw. użytkowe, reprezentujące problemową orientację systemu, które będzie dalej omówione. Natomiast można przyjąć, że oprogramowanie podstawowe uwzględnianych klas komputerów jest obecnie na tyle bogate, że nie ma potrzeby stawiać mu dodatkowych wymagań.

W ramach oprogramowania użytkowego muszą być uwzględnione takie składniki jak translatory języków opisu kształtu części i technologii obróbki, a także wytworzone na bazie tych języków biblioteki programów OC o zróżnicowanej strukturze programowej i różnych parametrach eksploatacyjnych. Mówiąc o parametrach eksploatacyjnych nie mamy tu na myśli parametrów procesu obróbki skrawaniem, ale parametry procesu wytwarzania programów OC. Ponadto w skład oprogramowania użytkowego wchodzą specjalne moduły programowe takie, jak postprocesory i moduły kontroli poprawności i korygowania programów OC.

<u>Sprzęt</u>

POK dla wytwarzania programów OC zawiera jako dopuszczalne następujące środki sprzętowe:

- minikomputery z rodziny SM lub komputery z rodziny JS (por. uwaga na temat oprogramowania podstawowego),

- urządzenia pamięci zewnętrznej typu dyski, taśmy, kasety itp.,
- urządzenia wejścia/wyjścia: czytniki, perforatory, drukarki i monitory alfanumeryczne,
- urządzenia grafiki komputerowej typu plottery i ewentualnie monitory graficzne,

Jak powiedziano uprzednio istniejące lub planowane rozwiązania sprzętowe są tak liczne, że zawsze tworząc konkretny PK można dobrać zestaw sprzętowy o odpowiednich parametrach użytkowych zapewniających realizację założonych funkcji.

Metody wytwarzania programów OC

Metody wytwarzania programów OC, to jest całość procesu od zgłoszenia zapotrzebowania na obróbkę konkretnej części poprzez zdefiniowanie kształtu i technologii oraz postprocessing wraz z weryfikacją poprawności w poszczególnych krokach, do otrzymania poprawnego programu OC, odzwierciedlają w sobie cechy: kształtu części, rodzaju zastosowanej obróbki, typu obrabiarki, jak również cechy wynikające z własności procesu komputerowo wspomaganego wytwarzania programów OC. W związku z powyższym należy je kwalifikować w następujący sposób:

A ze względu na kształt części:
  a) części dające się interpretować za pomocą brył z katalogu,
  b) części opisywane jednostkowym (do tego wyrobu dobranym) modelem numerycznym;
  w dalszych rozważaniach ujęte będą tylko części klasy A (A a), gdyż dla klasy(A b) potrzebne są zbyt duże moce komputerowe, a co ważniejsze trzeba dopiero tworzyć odpowiedni aparat matematyczny;

B ze względu na technologię wytwarzania części
  a) toczenie,
  b) wiercenie,
  c) frezowanie,

C ze względu na liczbę (n) osi sterowania w obrabiarce,

D ze względu na sposób sterowania narzędziem
  a) punktowo,
  b) odcinkowo,
  c) kształtowo.

Natomiast cechy procesu wytwarzania programu OC wprowadzają kwalifikacje:

E ze względu na tryb współpracy z komputerem
  a) wsadowy,
  b) konwersacyjny,

F ze względu na przebieg procesu definiowania kształtu części i technologii obróbki
  a) sekwencyjny: kształt, tor narzędzia, technologia,
  b) niesekwencyjny (przeplatany),

G ze względu na elementy weryfikacji poprawności programu OC
  a) kontrola poprawności opisu kształtu wyrobu,
  b) symulacja przebiegu (ruchu) narzędzia,

H ze względu na użytkownika systemu komputerowo wspomaganego wytwarzania programów OC
  a) wytwarzający programy OC (sparametryzowane lub niesparametryzowane) wyłącznie z uogólnionych programów OC,
  b) tworzący sparametryzowane lub niesparametryzowane programy OC(bezpośrednio na bazie odpowiedniego języka APT, EXAPT, NS RWPG itp.),
  c) tworzący uogólnione programy OC.

Synteza systemów - projektowania PK

Projektując konkretny PK należy dokonać:

- analizy (rozpoznania) potrzeb konkretnego przedsiębiorstwa lub przewidywanego typu produkcji,

- przeglądu parku maszynowego - typ obrabiarek, ich sterowania itp.
- ocenić kwalifikacje kadry.

W wyniku tych czynności można projektowanemu PK przypisać odpowiednie kwalifikatory z grupy A, B, C, D oraz H. Otrzymujemy następującą kombinację: A_a, B_{bc}, $C_{2\ 1/2}$, D_b, H_b co oznacza, że programy OC będą pisane bezpośrednio (kwalifikator H_b) w języku $EXAPT_2$ (kwalifikatory B_{bc}, $C_{2\ 1/2}$ oraz D_b). Dopiero na tej podstawie należy szczegółowo rozważyć najbardziej celową kombinację kwalifikatorów z grup E, F, G.

Należy zwrócić uwagę, że te ostatnie w głównej mierze decydują o kosztach instalacji PK. Wracając do powyższego przykładu można do wymienionego zestawu kwalifikatorów dołączyć np.: E_a, co jednoznacznie implikuje F_a lub E_b - co pozwala na wybór F_a lub E_b. Ponadto każdą z tych kombinacji można uzupełnić G_a lub G_b lub G_{ab}. Otrzymany pełny zestaw kwalifikatorów PK pozwala wybrać odpowiednie instalacje sprzętowe oraz jej oprogramowanie.

W omawianym przykładzie translator $EXAPT_2$ wymagający pamięci operacyjnej 256 K_b, implikuje użycie komputera klasy R-32. Przyjęcie kwalifikatora E_b wymaga wyposażenia instalacji w odpowiednie urządzenia konwersacyjne, a kwalifikatora G_a - w wyjście co najmniej plotterowe.

Bez wątpienia przedstawiony układ kwalifikatorów jest jedynie pierwszą próbą stworzenia metody syntezy systemów PK dla komputerowo wspomaganego wytwarzania programów OC. Dalsze prace powinny iść w kierunku wypracowania bardziej precyzyjnego układu kwalifikatorów i pokazania ich odniesień do sprzętu i oprogramowania systemu SM EMC, w czym niezwykle pomocne może być utworzenie banku danych "Zastosowanie SM EMC".

Sterowanie wydziałami produkcyjnymi lub małymi zakładami produkcyjnymi za pomocą PK

Tworzenie systemów organizacyjno-technicznych POK umożliwia już w niedalekiej przyszłości budowę systemów użytkowych PK dla celów sterowania wydziałami produkcyjnymi oraz małymi zakładami produkcyjnymi. Zaprojektowany, następnie zbudowany i wdrożony PK stanowić będzie konkretny system automatyzacji tych obiektów. W trakcie prowadzenia prac projektowych, budowania i wdrażania oraz eksploatacji systemu użytkowego PK należy rozwiązać liczne problemy; naukowe, techniczne, organizacyjne. Uważa się obecnie, że większość problemów technicznych można rozwiązać korzystając z bogatych środków sprzętowo-programowych Jednolitego Systemu SM EMC.

Problemy techniczne związane z konkretnym systemem użytkowym PK można rozwiązywać w tradycyjny sposób lub za pomocą zaproponowanego systemu organizacyjno-technicznego POK. POK jest opracowany dla konkretnej gałęzi przemysłu i problematyki występującej w tym przemyśle. W wypadku sterowania wydziałami produkcyjnymi oraz małymi zakładami w swoim zasięgu obejmować powinien on nie tylko przemysł maszynowy. Przy tworzeniu POK przeważnie korzysta się z już opracowanych innych POK.

Naturalne jest przy obecnym stanie wiedzy o sterowaniu wydziałami produkcyjnymi oraz małymi zakładami produkcyjnymi w przemyśle maszynowym, korzystanie z innych POK w zakresie:

- zadań funkcjonalnych systemów sterowania,
- środków techniczno-eksploatacyjnych,
- środków na tworzenie oprogramowania,
- warunków współdziałania elementów systemu sterowania,
- warunków w zakresie eksploatacji systemów,
- organizacji dostaw systemów,
- wymagań w zakresie kompletowania dokumentacji przy dostawach.

Opracowanie POK dotyczącego sterowania wydziałami produkcyjnymi oraz małymi zakładami produkcyjnymi w przemyśle maszynowym skróci w znacznym stopniu czas przeznaczony na realizację konkretnego systemu użytkowego PK.

Podstawowym zbiorem POK dla budowy PK dla wydziałów lub zakładów produkcyjnych są POK prezentowane w poprzednich punktach niniejszego opracowania.

Zadania funkcjonalne

System ukierunkowany problemowo powinien spełniać trzy podstawowe funkcje:
- sterowanie procesem wytwarzania, obejmujące również pomiar i kontrolę,
- zarządzanie obiektem,
- techniczne przygotowanie produkcji (występuje na poziomie zakładu produkcyjnego).

Główne zadania funkcjonalne wynikające ze sterowania procesem wytwarzania to:
- sterowanie operacjami obróbczymi (obrabiarkami sterowanymi numerycznie i centrami obróbczymi),
- sterowanie operacjami montażu (automaty technologiczne i roboty),
- sterowanie transportem międzyoperacyjnym (taśmą, podajnikami, stołami montażowymi),
- sterowanie magazynami,
- sterowanie przepływem materiałów i narzędzi na stanowisko robocze,
- sterowanie procesami pomiarowo-kontrolnymi.

Zadania funkcjonalne związane z zarządzaniem obiektu są następujące:
- informacja o przebiegu procesu produkcyjnego (raporty dotyczące wielkości i jakości produkcji w pożądanych przekrojach, dane do obliczeń płacowych, informacje na temat realizacji zadań bieżących),
- ewidencja środków trwałych i materiałów,
- kontrola kosztów,
- informacja z realizacji planów, analiza sytuacji rynkowej zamówień itp.

W skład technicznego przygotowania produkcji wchodzi:
- badanie zamówień pod względem możliwości realizacji technicznej, normalizacji i unifikacji,
- projektowanie wyrobu z uwzględnieniem optymalnych rozwiązań konstrukcyjnych, wymagań eksploatacyjnych i niezawodnościowych,
- przygotowanie programów sterujących dla urządzeń sterowanych numerycznie (obrabiarki SN, koordynatografy, testery),
- projektowanie organizacji procesu wytwarzania,
- określenie pracochłonności terminów realizacji,
- opracowanie planów produkcyjnych.

Wymagania techniczno-eksploatacyjne

Wymagania techniczno-eksploatacyjne wobec systemu ukierunkowanego problemowo sprowadzają się do wymagań dotyczących:
- sterowania i przesyłania informacji na poziomie procesu wytwórczego (praca w czasie rzeczywistym, niekoniecznie duża szybkość działania, duża wiarygodność, odporność na zakłócenia przemysłowe, możliwość przejścia na sterowanie ręczne w wyniku awarii, zbędność stosowania rezerwy),
- sterowania i przesyłania informacji na poziomie kierowania produkcją (wielodostępność, możliwość współpracy różnych urządzeń na różnych poziomach, system przerwań dostosowany do priorytetu zadań, lokalne banki danych i wymagania na pojemność pamięci, zdolność przesyłowa systemu transmisji danych).

Środki techniczne

Ze względu na przyjętą strukturę hierarchiczną - środki techniczne do realizacji systemów problemowo-zorientowanych (oparte przede wszystkim na SM EMC) zostaną przypisane odpowiednim poziomom.

Na poziomie wykonawczym znajdować się będą: minikomputer, jednostki sterujące i urządzenia

sprzężenia z obiektem, mikroprocesory i ich zestawy, urządzenia kontrolno-pomiarowe, przetworniki analogowo-cyfrowe, urządzenia informacyjne i konwersacyjne.

Na poziomie kierowania produkcją: minikomputer, system sprzężenia z obiektem, urządzenia do przygotowania, powielania i przesyłania danych, urządzenia dyspozytorskie, sterowane urządzenia magazynowe i linie transportowe.

Na poziomie zarządzania: maszyna cyfrowa jednolitego systemu lub rozbudowany system minikomputerowy, bank danych, zestaw urządzeń przygotowania i obróbki danych, modemy teletransmisyjne, urządzenia graficznego obrazowania.

Warunki współdziałania z innymi systemami lub podsystemami

Informacje i sygnały przekazywane są w większości w postaci cyfrowej. Informacje z poziomu wytwórczego mogą być wprowadzane ręcznie (zwłaszcza informacje związane z pracą stanowiska roboczego). Dane z komórek przygotowania produkcji wprowadzane są w kartach i taśmach dziurkowanych lub taśmach magnetycznych. Informacje kontrolno-pomiarowe i sygnały sterujące przesyłane są za pomocą monitorów alfanumerycznych znajdujących się na poziomie kierowania produkcją.

Interfejs na poziomie sterowania procesem pełni funkcje komutacyjne i zapewnia łączność maszyny z procesem (przesyłanie bloków informacji). Interfejs na poziomie kierowania produkcją zapewnia połączenie z innymi systemami na poziomie sterowania produkcją, z komputerem na poziomie zarządzania oraz blokiem przerwań i pamięcią obsługującymi poziom sterowania procesem. Interfejs na poziomie zarządzania umożliwia przesyłanie informacji do innych systemów oraz minikomputerów z poziomu kierowania produkcją.

Interfejs każdego poziomu musi zapewnić:

- dopasowanie poziomów sygnałów,
- filtrację zakłóceń,
- możliwość przejścia na półautomatyczne zarządzanie obiektem,
- galwaniczne odizolowanie maszyn cyfrowych od procesu.

mgr inż. Krzysztof DZIK
mgr Jerzy SWIANIEWICZ
Instytut Maszyn Matematycznych

Komputery JS RIAD w obiektowych systemach komputerowej automatyzacji

Wprowadzenie - koncepcja maszyn i ramy organizacyjne JS EMC

Pod koniec lat sześćdziesiątych (1968) powstała koncepcja systemu RIAD, obejmującego maszyny jednolite pod wieloma względami. W pracach nad jednolitym systemem maszyn cyfrowych wzięły udział: Bułgaria, Czechosłowacja, NRD, Polska, Węgry i Związek Radziecki, później (w 1974 r.) dołączyły się dwa kraje: Rumunia i Kuba.

Wspólny program opracowania rodziny maszyn wyniknął z przyczyn ekonomicznych, technicznych, eksploatacyjnych i innych. Sprzęt opracowany w ramach programu RIAD może być zestawiany w różnorodne konfiguracje akceptujące jednolite oprogramowanie maszyn o potrzebnej użytkownikowi wydajności przetwarzania i pojemności pamięci. Zaletą wspólnego programu jest ujednolicenie bazy konstrukcyjnej i technologii, a szczególnie ułatwienie serwisu. Wyprodukowanie jednego tylko oprogramowania dla rodziny maszyn zasadniczo zmniejszyło jego udział - zawsze znaczący - w koszcie poszczególnych maszyn. Użytkownik natomiast uzyskał zwiększenie możliwości dopasowania swoich potrzeb do modułów sprzętowych i jednolitego oprogramowania.

W założeniach JS EMC uwzględniono poziom techniki światowej w zakresie konstrukcji sprzętu i oprogramowania, a także zastosowano standardy światowe np. baza elementowa TTL i ECL, system zapisu informacji na taśmach magnetycznych, języki oprogramowania. Przyjęto zasadę zgodności programowej z "dołu do góry" oznaczającej to, że program działający na pewnej konfiguracji maszyny JS EMC będzie także działał na szerszej konfiguracji (o większej wydajności przetwarzania, większej pojemności pamięci, zwiększonym zestawie urządzeń zewnętrznych). Maszyny JS mają jednolitą strukturę, tę samą listę rozkazów, jednolite kody danych. Sprzęt i oprogramowanie wprowadzane do JS EMC muszą mieć założenia techniczne zatwierdzane przez odpowiednie organy, nadany numer identyfikacyjny oraz muszą przejść badania specjalnej komisji międzynarodowej.

W ramach programu RIAD powstały w latach 1968 - 1973 następujące maszyny cyfrowe: R 10, R 20, R 30, R 40, R 50. Są to maszyny należące do pierwszej rodziny maszyn JS tzw. RIAD I.

W latach późniejszych z jednej strony unowocześniano opracowane już modele maszyn w wyniku czego powstały modele takie jak: R 12, R 21, R 22, R 32, R 33, a z drugiej strony opracowano założenia i modele nowej rodziny maszyn JS RIAD II tj: R 25, R 35, R 45, R 55, R 60, R 65. Obecnie w krajach RWPG produkuje się 10 typów jednostek centralnych i ponad 150 typów urządzeń zewnętrznych.

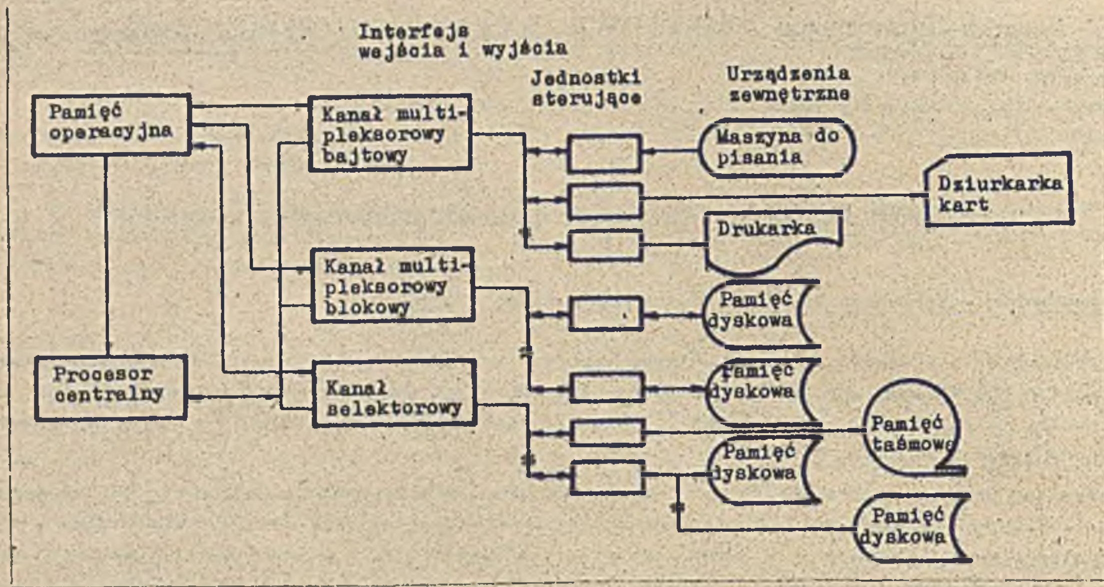
Architektura maszyn Jednolitego Systemu EMC

Struktura sprzętowa JS EMC jest pokazana na rys. 1. Pokazano tu podstawowe bloki, z których tworzy się konfiguracje maszyny JS oraz główne drogi wymiany informacji między tymi blokami.

Podstawowymi blokami są procesor centralny, pamięć operacyjna, trzy rodzaje kanałów - multiplekser bajtowy, blokowy i selektor, urządzenia wejścia-wyjścia podłączone do kanałów przez jednostki sterujące. Pokazana struktura logiczna nie przedstawia realizacji konkretnej maszyny, ale podaje ogólną koncepcję struktury sprzętowej JS EMC.

Podstawowe moduły sprzętowe wchodzące do każdej konfiguracji są przedstawione na rys. 1:

- procesor centralny - wykonujący rozkazy,
- pamięć operacyjna - przechowująca rozkazy i dane,
- kanały - przesyłające dane między pamięcią operacyjną i urządzeniami zewnętrznymi,



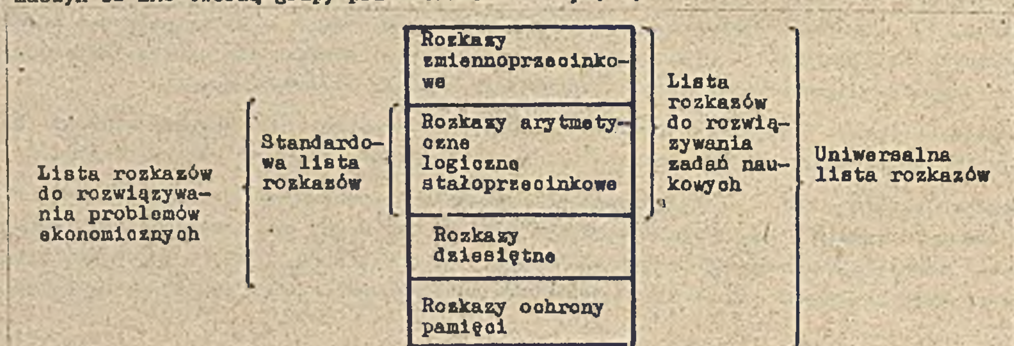
Rys. 1. Struktura maszyn JS

- urządzenia zewnętrzne - służące do komunikacji z użytkownikiem i do przechowywania danych.

Maszyny JS mogą współpracować ze sobą przez:

- wspólną pamięć operacyjną,
- adapter kanał - kanał,
- blok bezpośredniego sterowania,
- wspólną pamięć zewnętrzną,
- urządzenia telekomunikacyjne.

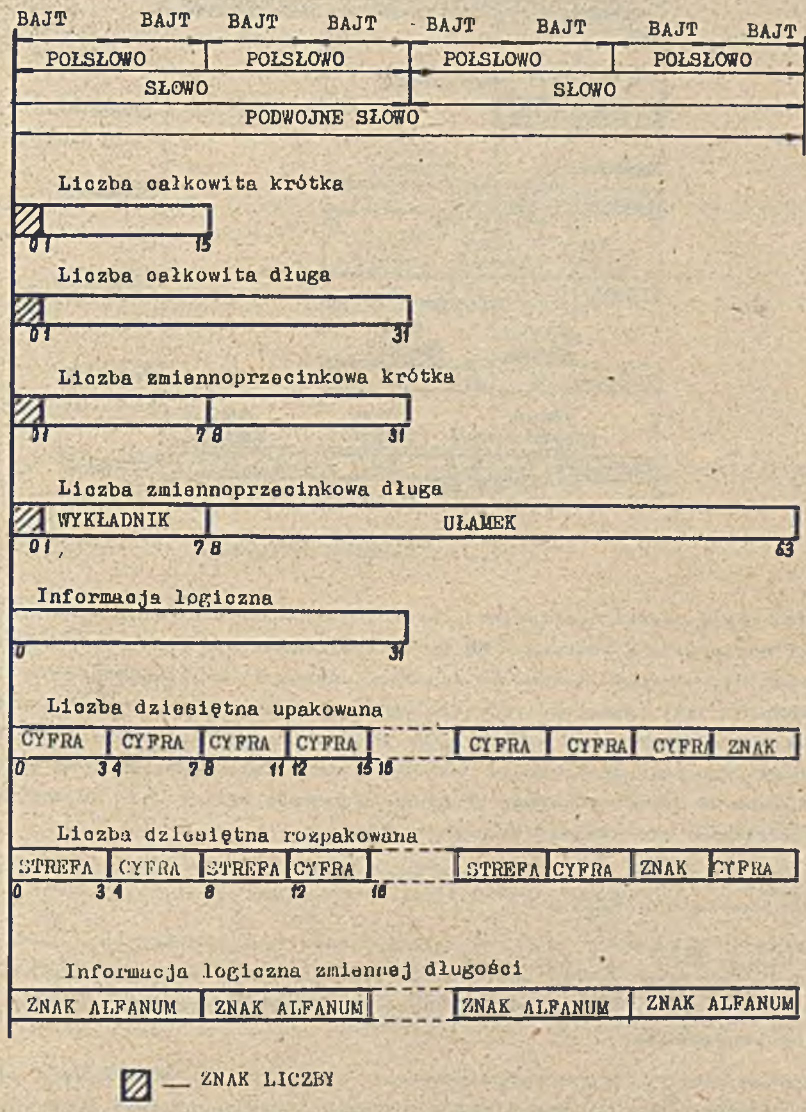
Rozkazy maszyn JS EMC tworzą grupy przedstawione na rys. 2.



Rys. 2. Lista rozkazów maszyn JS

Dane i rozkazy w JS EMC

Podstawową jednostką informacji jest bajt. Grupa kolejnych bajtów nazywa się polem, dwa kolejno bajty tworzą półsłowo, a dwa kolejno półsłowa stanowią słowo. Pola o stałej długości powinny zaczynać się w miejscu pamięci o adresie będącym wielokrotnością jego długości. Formaty danych są przedstawione na rys. 3. Długości pól, do których się odwołuje rozkaz są określone przez kod operacji bądź podane w samym rozkazie. Dane mogą mieć zatem stałą długość (określoną przez kod rozkazu) bądź zmienną długość (podaną w rozkazie). Rozkazy operują na następujących wielkościach: liczby całkowite krótkie, liczby całkowite długie, liczby zmiennoprzecinkowe krótkie, liczby zmiennoprzecinkowe długie, liczby dziesiętne i informacje/logiczne. Wielkości liczbowe lub logiczne



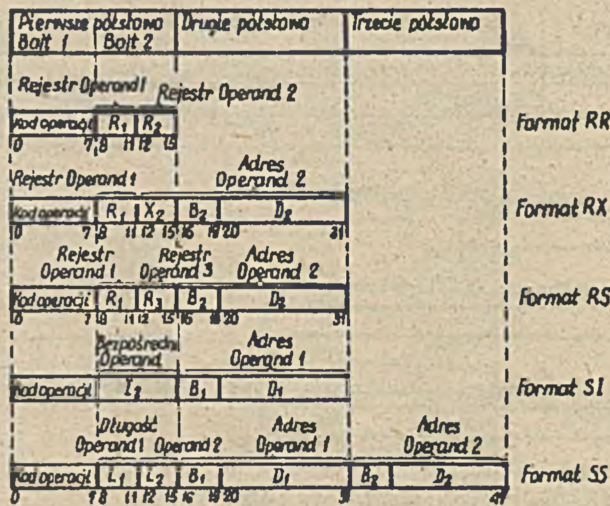
Rys. 3. Formaty danych

są przechowywane podczas wykonywania programu w pamięci operacyjnej lub w wyróżnionych rejestrach procesora centralnego. W procesorze centralnym maszyn JS istnieje 16 rejestrów ogólnych i 4 rejestry zmiennoprzecinkowe. Rejestry ogólne mają długość 32 bity, a rejestry zmiennoprzecinkowe mają długość 64 bity. Rejestry ogólne spełniają rolę akumulatorów w operacjach arytmetycznych i logicznych.

W maszynach JS rozkazy bezadresowe mają długość jednego półsłowa, rozkazy jednoadresowe - dwóch półsłów i rozkazy dwuadresowe - trzech półsłów. Istnieje pięć podstawowych typów rozkazów:

RR - rejestr - rejestr
RX - rejestr - pamięć indeksowa
RS - rejestr - pamięć
SI - pamięć - stały parametr
SS - pamięć - pamięć

Na rys. 4 przedstawiono formaty rozkazów.



Rys. 4. Formaty rozkazów

Rozkaz składa się z części operacyjnej, której dwa najbardziej znaczące bity oznaczają typ rozkazu i z części adresowej. W rozkazach RR pierwszym argumentem jest zawartość rejestru ogólnego określonego przez R1, a drugim zawartość rejestru ogólnego określonego przez R2. W rozkazach RX pierwszym argumentem jest zawartość rejestru ogólnego określonego przez R1, a adres drugiego argumentu oblicza się według wzoru $(X_2) + (B_2) + D_2$, gdzie nawiasy oznaczają zawartości rejestrów określonych przez dane pola instrukcji. Rozkazy stało-, zmiennoprzecinkowe i logiczne mają format RX. W rozkazach RS adres efektywny drugiego argumentu oblicza się według wzoru $(B_2) + D_2$. Format ten mają rozkazy przesunięć, skoków i inne.

W rozkazach SI pierwszym argumentem jest operand bezpośredni oznaczony I_2, a adres drugiego operandu oblicza się dodając $(B_2) + D_2$.

W rozkazach SS do zawartości rejestru ogólnego określonego przez B_1 jest dodawane D_1 i uzyskuje się adres skrajnego lewego bajtu pierwszego argumentu operacji. Pole L_1 określa liczbę dodatkowych bajtów położonych na prawo od bajtu określonego adresem pierwszego argumentu, podobnie dla drugiego argumentu.

Maszyny JS mają tradycyjny mechanizm przerwań. Po to aby ten mechanizm działał istnieje słowo stan programu, w którym pamięta się licznik rozkazów, kody warunków i inne wskaźniki potrzebne do prawidłowego wykonania programu.

Przerwanie powoduje zmianę aktualnego słowa stan programu, jego zapamiętanie (aby go później zbudać) i utworzenie nowego słowa stanu programu. Istnieje pięć rodzajów przerwań: wejścia/wyjścia, programowe, wywołujące supervisor, zewnętrzne i przerwania spowodowane błędem maszyny. Przerwania te są obsługiwane według ścisłej kolejności - priorytetu.

W maszynach JS istnieje mechanizm ochrony zawartości pól pamięci przed niepożądanym dostępem. Ochrona ta jest zrealizowana przez przypisanie każdemu blokowi pamięci klucza, który jest porównywany z kluczem ochrony przydzielonym użytkownikowi. Wykrycie niezgodności powoduje powstanie błędu ochrony pamięci. Ochrona ta dotyczy bądź zapisu i odczytu, bądź tylko zapisu.

Oprogramowanie maszyn JS EMC

Podstawowym elementem oprogramowania maszyn danego typu jest system operacyjny. System operacyjny jest tą częścią oprogramowania, która jest różna dla różnych typów maszyn. Języki programowania (zwłaszcza wyższego rzędu) i systemy zastosowaniowe są na ogół dla różnych maszyn prawie i-

dentyczne. System operacyjny jest to komplet programów organizujących efektywne wykorzystanie wszystkich elementów systemu liczącego. W szczególności system operacyjny steruje przepływem strumienia prac (JOB) realizowanych przez system liczący oraz dostarcza środków upraszczających programowanie.

Dla maszyn JS opracowano 2 systemy operacyjne:
dyskowy system operacyjny - DOS i
system operacyjny - OS.
DOS jest systemem mniej rozbudowanym, mającym mniejsze wymagania co do konfiguracji maszyny (może działać już w maszynach o pojemności pamięci operacyjnej - 32 K).

OS jest systemem bardzo rozbudowanym. Pozwala na znacznie większą automatyzację wykorzystania systemu i dużą elastyczność w programowaniu. Wymaga on jednak większej konfiguracji - minimum 128 K pamięci operacyjnej.

Krótka charakterystyka tych systemów

System operacyjny DOS składa się z programów sterujących, do których zalicza się superwizor i sterowanie pracami (JOB MANAGEMENT) a także użytkowych, jak:

- translatory języków (Assembler, COBOL, FORTRAN, PL/1, RPG),
- program obsługi,
- program łączący (LINKAGE - EDITOR),
- bibliotekarz (LIBRARIAN),
- sortowanie,
- przenoszenie danych,
- testy,
- obsługa teleprzetwarzania i
- programy użytkowników.

Superwizor steruje pracą całego systemu obliczeniowego, obsługując wszelkie przerwania, realizuje operacje wejścia-wyjścia, dysponuje wykorzystaniem jednostki centralnej w czasie, realizuje funkcje ładowania programów i realizuje różne operacje na żądanie programów użytkowych działających w maszynie.

Programy JOB MANAGEMENT realizują wprowadzanie opisów PRAC (JOB) zawartych zwykle na kartach, rozpoczynają określone na nich żądania i zgodnie z tymi żądaniami przydzielają programom zasoby (w szczególności urządzenia zewnętrzne, pliki danych) potrzebne do wykonania tych programów.

Programy użytkowe mają następujące funkcje:

- translatory przekształcają teksty programów na kod wewnętrzny, w postaci modułów, które muszą być jeszcze przetworzone przez program LINKAGE - EDITOR, aby doprowadzić je do postaci wykonywalnej;
- LINKAGE - EDITOR ze zbioru modułów wejściowych tworzy jeden wykonywalny program;
- BIBLIOTEKARZ (LIBRARIAN) wykorzystywany jest do gospodarowania biblioteką programów bądź modułów - będących wynikiem pracy translatora.

W systemie DOS jest możliwa wieloprogramowość, ale w stopniu ograniczonym. Pamięć może być na stałe podzielona na trzy partycje (partition), w których równocześnie mogą wykonywać się 3 programy. Partycje te nie są jednak równoważne. W jednej z nich mogą się wykonywać tylko programy określone przez operatora. W drugiej może się wykonywać strumień prac automatycznie inicjowanych przez program sterowania pracami. W trzeciej wykonuje się wcześniej zainicjowany tzw. background program o najniższym priorytecie, który wykonuje się tylko wtedy gdy pozostałe partycje próżnują.

W systemie sterowania wejściem i wyjściem wyróżnia się dwa poziomy:

- fizyczny (PIOCS) - będący częścią superwizora
- logiczny (LIOCS) - należący do programów użytkownika.

Poniżej jest pokazany przykład opisu pracy:

PRACA (JOB) składa się z ETAPÓW PRACY (JOB-STEPS), z których każdy sprowadza się do wykonania jakiegoś programu użytkowego.

```
// JOB ABC
// OPTION LINK
// EXEC PL/1
(karty programu WPL/1)
/*
// EXEC LNKEDT
// EXEC
```

Podobnie jak w DOS, System Operacyjny OS składa się z programów sterujących i użytkowych.

Wśród programów sterujących zasadniczą rolę odgrywają programy STEROWANIA ZADANIAMI (TASK MANAGEMENT). Wszelkie obliczenia (przetwarzanie) w maszynie wykonują się w ramach tzw. ZADAŃ (TASK), które wykonują niezależnie od siebie przetwarzanie. Zadanie może się wykonywać gdy ma dostęp do jednostki centralnej. Programy sterowania zadaniami dzielą czas jednostki centralnej między poszczególne zadania, prowadzą dynamiczny przydział pamięci zadaniom oraz sterują wejściem/wyjściem.

Programy sterowania pracami (JOB MANAGEMENT) wypełniają funkcje podobnie jak w DOS, ale język opisu prac (JCL - JOB CONTROL LANGUAGE) jest znacznie bardziej rozbudowany i uogólniony.

Opis pracy ze strumienia wejściowego jest wprowadzony do kolejki wejściowej na dysku, następnie praca zostaje zainicjowana i wykonywana w ramach zadań funkcjonujących w systemie. W czasie wykonywania pracy produkowane są wyniki, które trafiają do kolejki wyjściowej na dysku, skąd później w miarę możliwości urządzeń drukujących wyprowadzane są na papier.

Programy użytkowe - podobnie jak w DOS - dzielą się na:

- translatory,
- programy obsługi,
- programy użytkowników,

Programy sterujące Systemem OS występują w trzech wersjach:

- PCP - pierwotna wersja
- MFT - sterowanie wieloprogramowe ze stałą liczbą zadań
- MVT - sterowanie wieloprogramowe ze zmienną liczbą zadań.

W przypadku PCP - wykonuje się jeden ciąg prac, Taki system jest stosowany w małych maszynach.

W MFT możliwe jest wykonywanie do 15 równoległych ciągów prac, przy czym pamięć operacyjna jest na stałe podzielona na tzw. partycje, w których realizuje się poszczególne ciągi.

W MVT przydział pamięci dla poszczególnych prac, a nawet etapów prac jest dynamiczny. Ponadto działające programy mogą powoływać nowe zadania, których liczba jest ograniczona jedynie pojemnością pamięci.

W systemie OS gospodarka danymi (DATA MANAGEMENT) składa się ze sterowania tzw. zbiorami danych i określonych metod dostępu do nich. Sterowanie zbiorami danych polega na przydzielaniu im miejsca na dyskach lub innych nośnikach magnetycznych, nadawaniu im nazw, rejestrowaniu w katalogu zbiorów.

Metody dostępu umożliwiają programowanie niezależnie od typu urządzeń, na których znajdują się zbiory danych związane z danym programem.

Zbiory danych mogą mieć organizację:

- sekwencyjną
- bezpośredniego dostępu
- indeksowo-sekwencyjną
- biblioteczną.

Różnego rodzaju metody dostępu obsługują te typy zbiorów.

Specjalne metody dostępu służą do obsługi linii telekomunikacyjnych (BTAM, QTAM, TCAM).

System OS zawiera również programy sterujące zdalnym wprowadzaniem prac (RJE) oraz konwersacyjnym wprowadzaniem i uruchamianiem prac (CRJE).

Miejsce maszyn JS RIAD w obiektowych systemach komputerowej automatyzacji

W komputerowych hierarchicznych systemach sterowania procesem wytwarzania maszyny RIAD mogą być zastosowane na poziomie:

- sterowania procesem R 10, R 12
- kierowania produkcją R 10, R 12, R 20, R 21, R 22, R 25
- sterowania obiektem R 30, R 32, R 33, R 35, R 40, R 45, R 55, R 60.

W systemach hierarchicznych ważna jest współpraca między komputerami z różnych poziomów. Jak już wspomniano jest to możliwe przez połączenie procesorów lub kanałów maszyn JS, a szczególnie przez pamięć zewnętrzną np.: R 10 - R 32 przez adapter kanału JS dla R 10 i jednostkę sterującą dyskiem EC 5552.

Poszczególne modele maszyn JS EMC i ich zastosowanie

Podstawowe parametry maszyn JS EMC RIAD I są zebrane w zestawieniu.

- R 10 - Maszyna ta jest najmniejszą maszyną w JS EMC z punktu widzenia wewnętrznej wydajności przetwarzania, możliwej wielkości pamięci operacyjnej i możliwości przyłączenia urządzeń wejścia-wyjścia. Przede wszystkim jest ona przeznaczona do wykonywania niewielkich zadań naukowo-technicznych, przetwarzania danych w sterowaniu procesami, do zdalnego przetwarzania danych, jak również zbierania i przygotowywania danych pierwotnych. Poza tym może być zastosowana jako komputer satelitarny innych komputerów JS. Jednostka centralna R-10 różni się strukturą logiczną i sposobem pracy od pozostałych jednostek centralnych, które są nawzajem kompatybilne pod względem programów i danych.
- R 12 - Maszyna R 12 powstała w ramach modernizacji prowadzonej w JS EMC. Jest ona rozwiniętą wersją R 10 i jest z nią wymienna pod względem programów i danych. Maszyna R 12 jest przewidziana do przetwarzania danych w sterowaniu do zdalnego przetwarzania danych, przetwarzania danych w czasie rzeczywistym oraz przetwarzania danych handlowych. Poza tym, analogicznie do modelu R 10, może być dołączona do innych komputerów JS jako komputer satelitarny.
- R 20 - Maszyna R 20 jest obecnie najmniejszą maszyną, całkowicie kompatybilną funkcjonalnie, programowo i pod względem danych z pozostałymi maszynami JS. Przeznaczona jest do rozwiązywania różnorodnych zadań, przede wszystkim jednak do przetwarzania danych handlowych. Ponadto może znaleźć zastosowanie także w obliczeniach naukowych, jak również w zautomatyzowanych systemach zarządzania.
- R 21 - Maszyna R 21 jest najbardziej wydajna wśród małych jednostek JS EMC. Jest ona przewidziana przede wszystkim do rozwiązywania zadań w przemyśle, handlu i zarządzaniu. W głównych założeniach logiczno-funkcjonalnych maszyna jest zgodna z innymi maszynami JS i jest wymienna pod względem programów i danych.
- R 22 - Maszyna R 22 jest rozwinięciem modelu R 20. Baza konstrukcyjno-technologiczna maszyny R 20 uległa tylko niewielkim zmianom, natomiast zastosowano rozszerzony zestaw układów podstawowych, co umożliwiło 6-7-krotnie zwiększenie wydajności w stosunku do R-20.
- R 30 - Maszyna R 30 ze względu na swoją wydajność, pojemność pamięci operacyjnej i parametry systemu wejścia/wyjścia zaliczana jest do średniej klasy jednostek JS EMC. Jej wydajność umożliwia rozwiązywanie różnorodnych zadań naukowo-technicznych, ekonomicznych i zadań z innych dziedzin przetwarzania informacji.
- R 32 - Maszyna R 32 jest rezultatem modernizacji, którą w PRL podjęto w stosunku do modelu R 30. Szybkość operacji (230000 Op/s, wg mieszanki JS EMC modyfikacja I) jest ponad trzykrot-

Jednostki centralne podstawowych modeli JS EMC

Jednostka centralna	R-10	R-12	R-20	R-21	R-22	R-30	R-32	R-33	R-40	R-50
Kraj produkujący	WRL	WRL	ZSRR/BRL	CSRS	ZSRR	ZSRR	PRL	ZSRR	NRD	ZSRR
Procesor centralny:										
• Mieszanka JS EMC (Modyfikacja 1)			9000		91000	60000	23000	200000	380000	500000
Liczba instrukcji	86	109	143	71	143	143	143	143	143	143
Pamięć mikroprogramów:										
• pojemność słów	512...2048	8192	8192	3072	8192	4096	2816	2048	3072	-
• czas cyklu (ns)	300	400	1000	250	500	500	320	300	450	-
• długość słowa (liczba bitów)	16	16	64	16	64	72	86	128	130	-
Pamięć operacyjna										
• pojemność (k bajtów)	8...64	8...64	64-256	16...64	128-512	128-512	256-1024	512	256-1024	256-1024
• czas cyklu (µs)	0,8	1,0	2,0	2,0	2,0	1,25	1,20	1,25	1,35	1,25
• czas dostępu (µs)	0,4	0,5	1,0	1,0	1,0	0,75	0,66	0,75	0,45	0,95
System wejścia/wyjście										
Kanały selektorowe:										
• maksymalna liczba kanałów		kanał specjalny (Minibus)	2	2	2	3	3	3	6	6
• maksymalna szybkość przesyłania (k bajt/s)			300	1250	500	800	1030	800	1300	1250
Kanały multipleksorowe										
• maksymalna liczba kanałów		Adapter multipleksorowy w kanale specjalnym	1	1	1	1	1	1	1	1
• maksymalna przepustowość (k bajt/s) w trybie multipleksorowym	40	45	20	27	50	40	110	70	50	110
• w trybie blokowym	200	120	140	210	300	300	240	350	720	180

nie wyższa od modelu R 30. Dlatego też model ten wypełnia lukę w JS EMC między modelami R 30 (60000 Op/s i R 40 380000 Op/s). Model R 32 jest przeznaczony do rozwiązywania różnorodnych zadań naukowo-technicznych i ekonomicznych oraz specjalnych w autonomicznych ośrodkach obliczeniowych, jak również w systemach zdalnego przetwarzania danych.

- R 33 - Maszyna R 33 powstała w ZSRR jako wynik dalszego rozwoju modelu R 30, tj. modernizacji bazy technologiczno-konstrukcyjnej.
- R 40 - Maszyna R 40 ze względu na wydajność przetwarzania, pojemność pamięci operacyjnej i efektywność sterowania wejścia/wyjścia jest zaliczana do średniej klasy maszyn JS. Jest ona drugą co do wielkości jednostką centralną w JS EMC. Może być zastosowana do rozwiązywania licznych skomplikowanych zadań naukowo-technicznych i ekonomicznych. Istnieje również możliwość jej zastosowania jako komputera nadrzędnego w systemie komputerowym.
- R 50 - Maszyna R 50 jest najbardziej wydajną jednostką centralną JS EMC. Jest przystosowana do rozwiązywania różnorodnych zadań naukowo-technicznych, handlowych oraz specjalnych zadań przetwarzania informacji.

Ponadto w krajach należących do JS EMC są produkowane liczne urządzenia zewnętrzne, jak pamięci zewnętrzne, drukarki, dziurkarki kart i taśmy papierowej, czytniki, multipleksory, punkty abonenckie, systemy monitorowe i inne.

mgr Małgorzata WOŹNIAK
mgr inż. Zbigniew POZNAŃSKI
Instytut Masz... Matematycznych

Oprogramowanie obiektowych systemów komputerowej automatyzacji

Wstęp

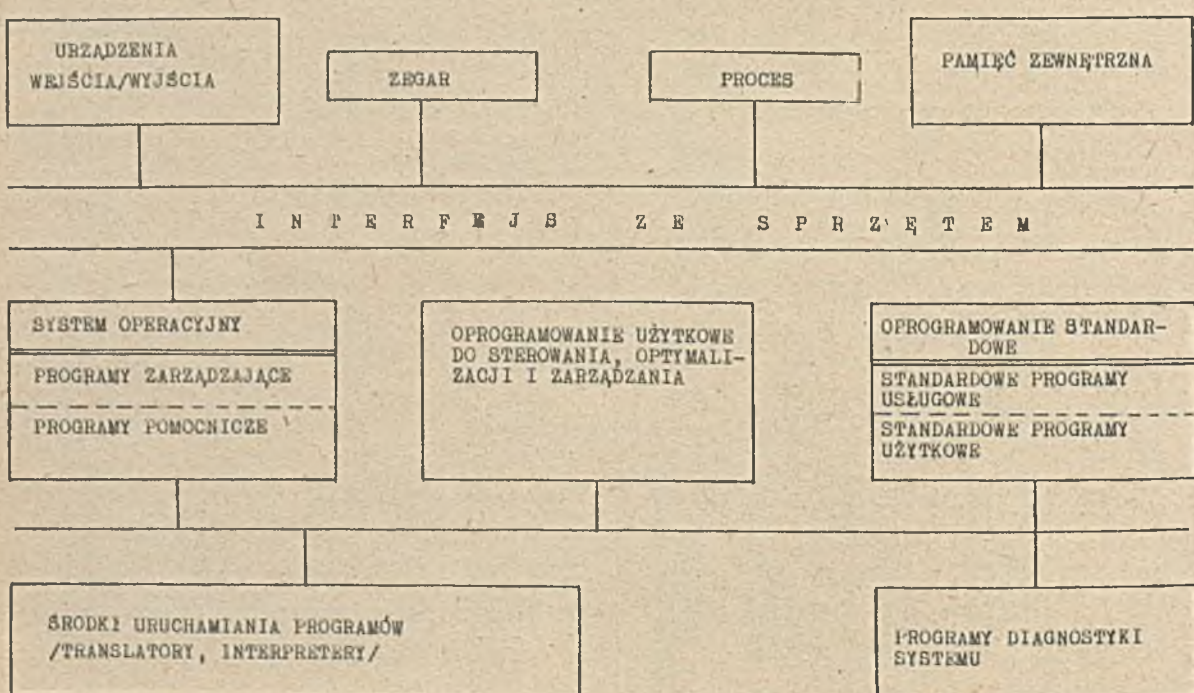
Wobec faktu, że oprogramowanie systemów obiektowej automatyzacji stanowi przeważający procent kosztów tych systemów, problemy związane z efektywnym ich oprogramowaniem nabierają pierwszoplanowego znaczenia.

Proces produkcyjny narzuca liczne wymagania, dotyczące konstrukcji i oprogramowania maszyny cyfrowej, którą wykorzystuje się do jego sterowania. Najogólniej można powiedzieć, że w celu sterowania procesem maszyna cyfrowa musi pracować w takim tempie, jaki ten proces narzuca. Mówimy wtedy o pracy w czasie rzeczywistym (real time).

Z oprogramowaniem maszyn cyfrowych do sterowania procesami produkcyjnymi wiąże się problem wyboru odpowiedniego języka czasu rzeczywistego. Wykorzystanie języków wewnętrznych maszyny cyfrowej zwiększa szybkość wykonywania programów zapewniając krótki czas reakcji systemu, nie jest jednak wygodne dla programisty. Stąd powstała koncepcja stworzenia uniwersalnego języka programowania.

Oprogramowanie OSKA

W skład oprogramowania obiektowych systemów komputerowej automatyzacji OSKA wchodzą następujące programy (rys. 1):



Rys. 1. Struktura oprogramowania z punktu widzenia sterowania procesem

- system operacyjny (zbiór programów zarządzających pracą systemu, programy obsługi np. obsługi urządzeń wejścia/wyjścia, obsługi zgłoszeń itp.),
- programy użytkowe (grupa programów obsługujących zdarzenia w procesie),
- oprogramowanie standardowe,
- programy diagnostyczne (testujące),
- środki techniczne uruchamiania programów (translatory, programy redagowania tekstu itp.).

System operacyjny

System operacyjny stanowi podstawowy element oprogramowania maszyn cyfrowych do sterowania. Organizacja pracy maszyny cyfrowej (wykonywanie jednocześnie kilku programów oraz zapewnienie jednoczesnego dostępu do maszyny wielu źródłom i odbiornikom) wymaga istnienia specjalnego programu lub zespołu programów, który wykorzystując wyżej wymienione możliwości realizowałby pracę systemu w czasie rzeczywistym. Programem tym jest właśnie system operacyjny. Służy on do koordynacji pracy i nadzoru nad działaniem procesora i sprzężonych z nim urządzeń zewnętrznych oraz gospodarki pamięcią. Pozwala on na bieżąco wykonywać programy ze zbioru programów systemu, przy czym kolejność ich realizacji zależy od sytuacji mającej miejsce w sterowanym procesie, procesorze oraz urządzeniach zewnętrznych.

Wyróżnia się zwykle dwie grupy programów tworzących system operacyjny, tj. programy zarządzające i programy pomocnicze.

Typowy system operacyjny pracujący w czasie rzeczywistym może np. zawierać następującą grupę programów pomocniczych:

- programy wprowadzające informacje i inicjujące,
- programy ponownego startu,
- programy obsługujące bibliotekę podprogramów,
- programy wprowadzające informacje do pamięci masowej,
- programy symulujące urządzenia końcowe, urządzenia sterujące transmisją danych, programy użytkowe dla celów sprawdzenia, programy zarządzające,
- programy drukujące zawartość pamięci.

Programy zarządzające różnią się znacznie między sobą, w zależności od przeznaczenia systemu. Można wymienić kilka podstawowych funkcji, które mogą być realizowane przez programy zarządzające:

- sterowanie operacjami wejścia/wyjścia,
- wstępne opracowanie meldunków (przekazywanie programom głównym meldunków w odpowiedniej postaci),
- komunikacja z operatorem (przyjmowanie zleceń i wyprowadzanie komunikatów o stanie systemu),
- planowanie obsługi zgłoszeń (podejmowanie decyzji na podstawie analizy priorytetów i wymagań czasowych o tym, które zgłoszenie należy obsłużyć),
- sterowanie kolejkami (tworzenie kolejek do realizacji operacji wejście/wyjście, optymalna obsługa kolejek),
- dysponowanie pamięcią operacyjną i pamięciami zewnętrznymi (ochrona pamięci, przydział pamięci, relokacja w obrębie pamięci operacyjnej),
- przydzielanie urządzeń (przydzielanie innych podzespołów danego systemu do realizacji zadań),
- planowanie przetwarzania (przydział czasu procesora, optymalizacja wykorzystania czasu),
- obsługa przerwań (analiza przyczyn przerwania, przekazanie sterowania odpowiedniemu programowi), zapamiętanie rejestrów, wskaźników przerwanego programu w celu zapewnienia poprawnego powrotu,
- inicjowanie akcji czasowych,
- komunikowanie się maszyn (np. w systemach hierarchicznych),
- diagnostyka on-line.

Naturalnie proste systemy nie wymagają realizacji wszystkich wspomnianych funkcji. Omówimy teraz dokładniej niektóre z nich.

Sterowanie operacjami wejścia/wyjścia

Jedną z podstawowych cech maszyn pracujących w czasie rzeczywistym jest rozbudowana współpraca z wieloma u..ądzeniami zewnętrznymi, źródłami informacji i ich odbiorcami.

W zbiorze programów obsługujących wejście/wyjście można wyróżnić dwa podprogramy: podprogram przyjmowania informacji od urządzeń transmisji danych i podprogram wydawania informacji.

Obydwa te podprogramy mogą być realizowane w reżimie:

- bezpriorytetowym (cyklicznie bezpriorytetowym),
- priprytetowym bez przerwań (priorytet bezwzględny),
- mieszanym.

Obsługa zgłoszeń

Sygnały generowane przez poszczególne źródła można podzielić na:

- zgłoszenia periodyczne, zależne od czasu rzeczywistego, aktywizowane zegarem (np. cykliczne obieganie punktów pomiarowych),
- zgłoszenia losowo pochodzące od operatora, procesu lub systemu cyfrowego.

W dotychczas stosowanych maszynach cyfrowych do sterowania procesami produkcyjnymi spotyka się dwie grupy regulaminów obsługi zgłoszeń: regulamin bezpriorytetowy i regulamin priorytetowy.

Wśród regulaminów bezpriorytetowych wyróżnia się następujące regulaminy:

- regulamin cykliczny, który polega na sprawdzeniu punktów wg z góry określonej kolejności,
- regulamin cykliczny z przeplataniem, który realizuje się w taki sposób, że grupy punktów wymagające częstego obiegania powtarza się kilkakrotnie w podstawowym cyklu obiegania,
- regulamin First In - First Out (FIFO),
- regulamin Last In - First Out (LIFO),
- regulamin losowy (pobieranie zgłoszeń do obsługi z równym prawdopodobieństwem),

Regulaminy priorytetowe dzielą się na następujące klasy:

- regulamin z priorytetem względnym, charakteryzujący się tym, że pojawienie się zgłoszenia o prioryteCie wyższym od wykonywanego zadania nie powoduje jego przerw..nia,
- regulamin z priorytetem bezwzględnym, charakteryzujący się tym, że w chwili pojawienia się zadania o priorytecie wyższym, wykonywany program jest zawieszony, a sterowanie jest przekazane programowi o priorytecie wyższym.

W klasie regulaminów priorytetowych można wyróżnić jeszcze regulaminy z dynamicznie zmieniającymi się priorytetami. Zagadnieniem podstawowym jest tu określenie funkcji zmian priorytetu poszczególnych zgłoszeń. Ostatnio coraz częściej pojawiają się heurystyczne algorytmy wyznaczania kolejności zgłoszeń do obsługi. Ponieważ szeregowanie zadań można traktować jako wieloetapowy proces decyzyjny, zadanie poszukiwania najlepszej kolejności obsługi zgłoszeń, w sensie przyjętego wskaźnika jakości sterowania, sprowadza się do wyznaczenia drogi optymalnej. Analiza poszczególnych regulaminów wskazuje, że najkorzystniejsze dla powyższych zastosowań są właśnie algorytmy heurystyczne. W stosowaniu metod heurystycznych wymaga się ograniczenia przerwań priorytetowych. Dopuszcza się jedynie przerwanie od zegara, przerwanie systemowe oraz przerwania, które są generowane w wypadku rozpoznania sygnału zgłoszenia o zmianie stanu technologicznego procesu.

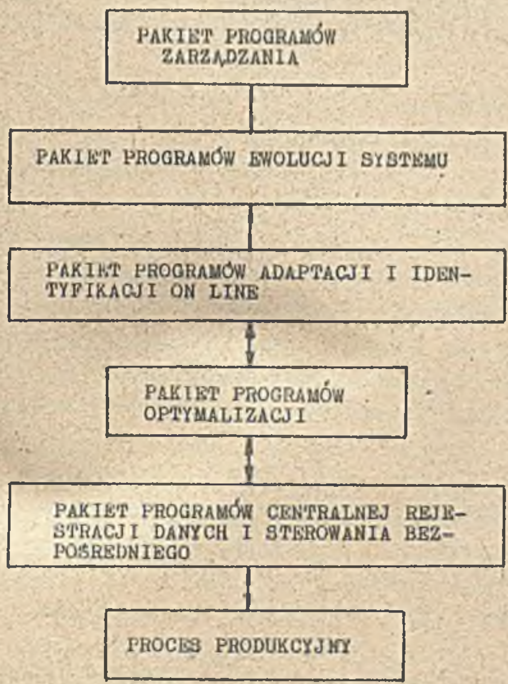
Programy użytkowe

Programami użytkowymi nazywamy te programy, które opracowują zgłoszenie. Do zgłoszeń, które są związane ze sterowanym procesem, wymagającym specjalnego oprogramowania należą:

- grupa zgłoszeń zależna od czasu rzeczywistego (dotyczy to odczytu z punktów pomiarowych i wyprowadzenia sterowań),

- grupa zgłoszeń zależna od sytuacji w sterowanym procesie, związana z sygnałami alarmowymi,
- grupa zgłoszeń od operatora maszyny cyfrowej,
- grupa zgłoszeń od dyspozytora procesu,
- grupa zgłoszeń od innych maszyn cyfrowych.

Struktura oprogramowania użytkowego wiąże się z funkcjami maszyny w systemie sterowania. I tak wyróżnić można następujące poziomy oprogramowania (rys. 2):



Rys. 2. Struktura oprogramowania EMC do sterowania procesem

- centralna rejestracja danych i bezpośredniego sterowania,
- optymalizacja statyczna i dynamiczna,
- adaptacja i identyfikacja,
- ewolucja systemu,
- zarządzanie.

Oprogramowanie pierwszej warstwy sterowania

Programy warstwy rejestracji danych i bezpośredniego sterowania mają za zadanie rejestrować i kontrolować stan procesu, sprawdzać przekroczenia wartości dopuszczalnych i sygnalizować stany awaryjne, wypracowywać sygnały sterujące, jak również zbierać i przetwarzać informacje dla wyższych warstw sterowania. Oprogramowanie tej warstwy powinno zapewniać:

- łatwą i efektywną komunikację z urządzeniami zewnętrznymi,
- dużą efektywność działania programów,
- rejestrację i kontrolę dużej liczby zmiennych,
- możliwość pisania programów bez konieczności angażowania analityków systemu.

W programach użytkowych uwarunkowanych czasowo, liczba rozkazów waha się bardzo znacznie (1000 - 200000 rozkazów). Długość programów użytkowych ma duże znaczenie, ponieważ tylko nieznaczna część oprogramowania przechowywana jest w danej chwili w pamięci operacyjnej lub w pamięci o szybkim dostępie. Pozostała część przechowywana jest w pamięci zewnętrznej i ściągana w razie potrzeby. Ściąganie może odbywać się nawet do 20 razy na sekundę.

Zbiór programów warstwy bezpośredniej sterowania powinien spełniać następujące funkcje:

- zbieranie danych,
- sprawdzanie wiarygodności danych,
- filtracja danych,
- sprawdzenie wartości granicznych i dopuszczalnych szybkości zmian zmiennych,
- określenie tendencji zmian parametrów,
- alarmowanie o przekroczeniach przyjętego zakresu pomiarowego,
- linearyzacja,
- wykonywanie algorytmów bezpośredniego sterowania,
- sprawdzanie wypracowanych wartości sterowań,
- wyprowadzanie sterowań do urządzeń wykonawczych,
- komunikacja z operatorem.

Analiza obecnego stanu oprogramowania tej warstwy pozwala stwierdzić, że:

- większość programów pisana jest w języku wewnętrznym maszyny,
- próby wykorzystania języków ukierunkowanych problemowo przynoszą coraz lepsze rezultaty,
- dotychczasowe dane dotyczące zastosowania języków wyższego rzędu pozwalają stwierdzić, że nie mogą one być wykorzystywane do pisania programów bezpośredniego sterowania, ze względu na trudności uzyskania dostatecznej efektywności programów generowanych przez translator.

Oprogramowanie wyższych warstw sterowania

Programy optymalizacji mają za zadanie wypracowanie optymalnych wartości dla poziomu pierwszego.

Programy adaptacyjne i identyfikacji on-line mają przeciwdziałać zakłóceniom o małej częstotliwości, których skutki działania mogłyby wpłynąć na zmianę parametrów procesów bądź nawet funkcji celu.

Programy ewolucji mają za zadanie prowadzić predykcję przyszłych stanów procesu technologicznego. Są one także aktywizowane w wypadku pojawienia się zakłóceń katastroficznych, zmieniających gwałtownie stan technologiczny procesu.

Wypracowaniem parametrów dla poziomu niższego, uwzględniających globalny cel sterowania, zajmuje się pakiet programów zarządzania.

Ponieważ oprogramowanie czterech kolejnych warstw ma wiele cech wspólnych, można rozpatrywać je łącznie. Wymagania dla tych poziomów są zupełnie inne i dlatego oprogramowanie powinno:

- umożliwiać łatwą segmentację wykonywanych programów składowych, tzn. muszą one być przesuwalne,
- odznaczać się uniwersalnością, tzn. powinny być napisane w postaci standardowych podprogramów,
- zapewnić łatwą komunikację z programami pozostałych warstw.

Aby realizować te wymagania do oprogramowania można użyć jeden z języków wyższego rzędu, np. FORTRAN RT (FORTRAN czasu rzeczywistego), bądź CORAL 66. Oprogramowanie poziomu optymalizacji może być standardowe w 60%, poziomu trzeciego w 50%, natomiast poziom czwarty może być standaryzowany w 80%.

Należy zaznaczyć, że poszczególne warstwy sterowania mogą być realizowane w jednej maszynie bądź w hierarchicznych strukturach maszyn cyfrowych do sterowania. Zależy to od wymagań, jakie stawia sterowany proces oraz możliwości zastosowanego sprzętu.

Programy diagnostyczne

Od systemu pracującego w czasie rzeczywistym wymaga się, aby nie został on zatrzymany w wypadku wykrycia błędu, jeśli istnieje możliwość wyjścia z sytuacji awaryjnej. Zapewniają to programy diagnostyczne. Programy diagnostyczne mogą być wykonywane bez straty czasu systemu. Programy te mają zwykle niski priorytet i dlatego nie blokują programów czasu rzeczywistego. Programy diagnostyczne dzieli się zwykle na dwie grupy: programy wykrywające błędy i programy określające uszkodzone podzespoły systemu.

Po zlokalizowaniu błędu powinno nastąpić zawiadomienie o tym operatora systemu, a program automatycznej zmiany konfiguracji systemu może ograniczyć zasięg działania systemu lub też, o ile taka konieczność zachodzi, program automatycznego powrotu spowoduje włączenie układów rezerwowych.

Oprogramowanie standardowe

W skład oprogramowania standardowego wchodzą:

- standardowe programy usługowe (programy modyfikujące zawartość biblioteki, sortowania, konwersji),
- pakiety standardowe programów użytkowych, np.:
  - statystyczne,
  - stosowane w planowaniu i kierowaniu produkcją,
  - stosowane w gospodarce materiałowej,
  - stosowane w procesach wyszukiwania informacji,
  - optymalizacyjne,
  - programy, które mogą podlegać standaryzacji w poszczególnych warstwach sterowania, np. filtracji, linearyzacji itp.

Środki techniczne uruchamiania programów

Ponieważ programy sterujące (użytkowe) uruchamiane są i testowane przed wprowadzeniem do systemu, a nowe programy wprowadzane są w czasie pracy systemu bardzo rzadko - udział tej części oprogramowania w całej jego strukturze jest minimalny. Jednak w wielu istniejących systemach przechowywane są translatory języków wyższego poziomu, np. FORTRAN, PROSEL. Ma to pewien sens przy etapowej automatyzacji, kiedy to często dopisuje się lub zmienia programy użytkowe.

W dalszej części pracy bardziej szczegółowo będą omówione języki programowania czasu rzeczywistego.

Języki czasu rzeczywistego do sterowania procesami przemysłowymi

Zróżnicowanie poszczególnych grup programów składających się na całość sterowania procesem powoduje, że trudno jest opracować uniwersalny język zaspokajający potrzeby wszystkich grup.

Prace nad konstrukcją standardowego języka czasu rzeczywistego, języka do sterowania procesami jeszcze trwają. Istnieje wiele opinii na temat postaci oraz podstaw konstrukcji języka. Proponuje się między innymi:

- język ukierunkowany na formowanie algorytmów, przy czym zakłada się, że użytkownik nie posiada żadnej wiedzy o systemie operacyjnym maszyny i programowaniu w językach wyższego poziomu;
- język czasu rzeczywistego wyższego poziomu, nie ukierunkowany ani na maszynę cyfrową, ani na proces przemysłowy, tzn. język proceduralny (procedury tego języka opisują operację, a kolejność wykonywania operacji określona jest przez porządek procedur).

Analizując cechy systemów sterowania w czasie rzeczywistym, np. wieloprogramowość, buforowanie urządzeń wejścia/wyjścia, możliwość zmiany priorytetów, automatyczny rejestr itp., można sformułować pewne charakterystyczne cechy języka programowania systemów sterowania procesami.

- Język powinny cechować: prosta składnia i semantyka, tzn. elementarne typy zmiennych (integer, real, boolean, character, text), struktury zmiennych (tablice, skalary), operatory relacji, operacji arytmetycznych i logicznych.
- Użytkownik powinien mieć możliwość komunikacji z translatorem podczas translacji i korzystania z biblioteki podprogramów.
- Język powinien zapewniać obsługę zegara, przerwań oraz urządzeń wejścia/wyjścia.

Takie języki algorytmiczne jak ALGOL, FORTRAN czy PL1, w swej obecnej postaci nie spełniają wspomnianych wszystkich wymagań. Dlatego rozwój języków algorytmicznych czasu rzeczywistego przebiega w dwóch kierunkach: pierwszy polega na rozszerzaniu (ALGOL, FORTRAN), drugi natomiast sprowadza się do tworzenia nowych języków.

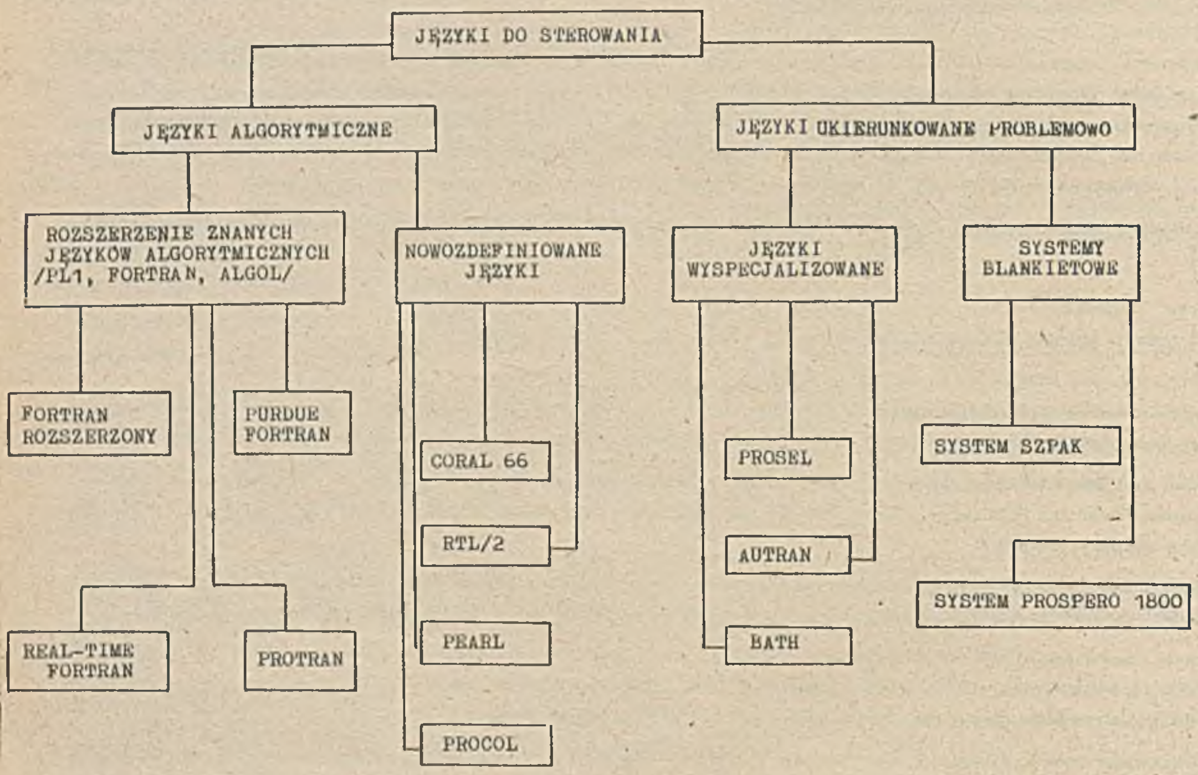
Drugim typem konstruowanym obok języków algorytmicznych są języki ukierunkowane problemowo. Można je podzielić na dwie grupy: języki specjalizowane i języki systemów blankietowych. Ogólny podział języków czasu rzeczywistego ilustruje rys. 3. Jako przykład omówimy krótko klasę języków wyspecjalizowanych.

Języki wyspecjalizowane charakteryzują się prostą budową, a instrukcje z nich są zwykle nazwami pewnych czynności wykonywanych podczas sterowania procesami np. OPEN (zawór), CLOSE itd. Wynika stąd, że struktura języka ogranicza jego stosowanie tylko do wąskiej klasy procesów. Przykładem takich języków są: PROSEL i AUTRAN.

PROSEL

PROSEL jest przeznaczony specjalnie do sterowania sekwencyjnego. Zawiera on około 40 instrukcji typu:

- wykonawczego np. START, STOP, CONTINUE, OPEN, CLOSE, WAIT,
- czasowego np. DELAYS, DELAYM,



Rys. 3. Podział języków do sterowania

- wskaźnikowego i badania np. SFLAG, CLAFLAG (do przekazywania informacji przez zapalanie, zgaszanie wskaźników), CK OPEN (do badania warunków otwarcia np. zaworu) itp.

AUTRAN

Język AUTRAN ukierunkowany jest na procesy ciągłe. Programy sterowania bezpośredniego obejmują:

- listę specyfikacji służących do określenia struktury fizycznej układu np. CONTROL VALVE (CVALA/CLOSED.3) - oznacza, że zawór CVALA jest zamykany sygnałem z kanału 3,
- listę operacji, określających kolejność sterowania i kontroli np. CLOSE (VALV B2) CONFIRM - zamknąć VALV B2, zameldować,
- listę sytuacji alarmowych oraz reakcji systemu w wypadkach ich zaistnienia np. WHEN (VALV B2, ALARMS.OPEN)EXECUTE (42), wykonaj akcję 42, gdy VALV B2 jest otwarty i wysłano sygnał alarmowy.

Oprogramowanie maszyn do numerycznego sterowania obrabiarkami

Program do numerycznego sterowania obrabiarkami składa się z programu procesora i postprocesora. W procesorze obliczane są wartości współrzędnych toru narzędzia na podstawie opisu przedmiotu i narzędzia. W procesorze przekształca się program, przechodząc z układu współrzędnych przedmiotu na układ współrzędnych obrabiarki. Oblicza się również przyśpieszenia i opóźnienia, tak aby przy określonych własnościach dynamicznych serwomechanizmów obrabiarki - uchyby nie przekraczały wartości dopuszczalnych. Ostatecznie postprocesor przekształca instrukcje sterujące funkcjami pomocniczymi obrabiarki w oznaczenia kodowe wymagane dla tych funkcji przez układ sterowania obrabiarki.

Do opisu geometrii narzędzia, przedmiotu obrabianego i toru ruchu narzędzia stosuje się zwykle języki programowania oparte na mnemotechnicznej metodzie adresowania instrukcji, przy której wykorzystuje się słowa i symbole łatwe do zapamiętania przez programistę. Języki te można podzielić na: języki związane z określonymi obrabiarkami lub komputerami i na języki uniwersalne. Zaletą języków związanych z obrabiarkami lub komputerami jest możliwość stosowania mniejszych komputerów, natomiast wadą ograniczony zasięg zastosowania.

Wszystkie uniwersalne języki programowania oparte są na APT (Automatically Programmed Tools). Ponieważ APT wymaga zastosowania komputera o pojemności pamięci 256 K utworzono liczne języki o zawężonym zakresie zastosowania, wymagające mniejszych maszyn. Do najbardziej znanych należą: ADAPT, EXAPT, IFAPT, MINI-APT, NEL-NC. Niektóre z nich np. EXAPT, IFAPT zawierają automatyczny dobór narzędzi i określenie innych parametrów technologicznych, czego brak w APT. Struktura ww języków obejmuje:

- instrukcje definiujące zależności geometryczne i technologiczne obrabianego przedmiotu.
- instrukcje wykonawcze (np. instrukcje ruchu),
- instrukcje programowania (podobne do instrukcji języka FORTRAN).

Źródłowy program obróbki musi zawierać informacje ogólne o przedmiocie obrabianym, rozkazy dla postprocesora i rozkazy dla obrabiarki.

Poszczególne języki stanowiące podzbiory języka APT są ukierunkowane głównie na niektóre operacje np.:

- IFAPT - frezowanie kształtowe, toczenie,
- MINIFAPT - sterowanie punktowe, frezowanie ze sterowaniem odcinkowym,
- NEL-NC - wersja (ZP) - wiercenie i wytaczanie, wersja (ZCL) - frezowanie, wersja (ZC) - toczenie,
- MINIAPT - wiercenie, toczenie, frezowanie,
- PROGRAMAT - toczenie,
- EXAPT1 - wiercenie, wytaczanie,
- EXAPT2 - toczenie ze sterowaniem odcinkowym lub kształtowym.

Ogólna charakterystyka oprogramowania maszyny sterującej na przykładzie minikomputera SM

Oprogramowanie systemowe SM EMC ma następujące własności.

- Duży obszar zastosowań:
  - sterowanie procesami technologicznymi i produkcją,
  - sterowanie dystrybucją materiałów i energii,
  - automatyzacja projektowania,
  - wykorzystanie w systemach medycznych.
- Zabezpieczenie konwersacyjnego porozumienia się między użytkownikami a systemem, rozwiązywanie zadań w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem metody wielopoziomowego i równoległego rozwiązywania zadań.
- W zakresie systemu operacyjnego m.in. obejmuje:
  - mały i duży multiprogramowy system czasu rzeczywistego,
  - system operacyjny do biurowych zastosowań,
  - system operacyjny dla sieci EMC,
  - system operacyjny dla wieloprocesorowych systemów,
  - system konwersacyjny wieloterminalowy.
- W zakresie języków źródłowych obejmuje:
  - asembler,
  - FORTRAN,
  - FORTRAN czasu rzeczywistego,
  - FORTRAN konwersacyjny,
  - BASIC, COBOL.

- W zakresie programów użytkowych obejmuje:
  - pakiety programów ukierunkowanych problemowo,
  - pakiety programów ukierunkowanych proceduralnie.

System SM wyposażony jest w następujące pakiety programów użytkowych:

- pakiet programów do sterowania procesami technologicznymi w metalurgii żelaza i stali, w przemyśle biochemicznym, w przemyśle celulozowo-papierniczym itp.,
- pakiet programów zarządzania takimi obiektami przemysłowymi, jak maszyny produkcyjne i agregaty, instalacje energetyczne, obrabiarki sterowane numerycznie itp.,
- pakiety programów do automatyzacji eksperymentu naukowego, jak np. diagnostyka izotopów promieniotwórczych, system sterowania sprzętem laboratoryjnym itp.,
- pakiety programów zarządzania w sferze nieprzemysłowej (medycyna, rolnictwo, handel).
- programy automatycznego zarządzania (nawigacja, łączność, telemetria itp.).

Podsumowanie

Konstrukcja oprogramowania maszyny cyfrowej uzależniona jest od wymagań stawianych procesorowi, którym maszyna ma sterować. W oprogramowaniu maszyn do sterowania procesami szczególną rolę odgrywa system operacyjny, który jest łącznikiem między sterowanym procesem i maszyną. Problemy związane z systemem operacyjnym poruszono w opisie języków czasu rzeczywistego (ich własnościach) wskazując na potrzebę jednolitości systemu operacyjnego i programów użytkowych ukierunkowanych na konkretny proces.

Analiza podstawowych języków programowania w czasie rzeczywistym prowadzi do wniosku, że problem uniwersalnego języka pozostaje nadal nierozstrzygnięty. Każdy ze wspomnianych języków ma obok wielu zalet, liczne istotne wady, w kontekście zdefiniowanych wcześniej własności języków czasu rzeczywistego. Jedno z pewnością nie ulega wątpliwości, że zagadnienie wyboru lub zbudowania języka do sterowania procesami przemysłowymi stanowi problem sam w sobie i wymaga wielu badań i analiz. Wykorzystanie języków assemblerowych wydaje się uzasadnione jedynie w warstwie sterowania bezpośredniego i to tylko wówczas, gdy wymaga się bardzo krótkiego czasu reakcji systemu i minimalnego wykorzystania pamięci maszyny. Za językiem czasu rzeczywistego przemawia przede wszystkim łatwość tworzenia oprogramowania oraz skrócenie czasu pisania i testowania programów (np. w języku PEARL średnio 30-krotnie).

Wydaje się, że należy dążyć do: maksymalnej standaryzacji oprogramowania dla poszczególnych warstw sterowania, tworzenia narzędzi zarówno do projektowania komputerowych systemów sterowania (automatyczne lub wspomagane komputerem) jak i produkcji oprogramowania (języki wysokiego poziomu).

Literatura

[1] Gościński: Oprogramowanie maszyn cyfrowych do sterowania procesów przemysłowych. AGH: Kraków 1975 skrypty uczelniane nr 488

[2] Charakterystyka oprogramowania SM EMC drugiej kolejności (redakcja 1-78) . IMM: Warszawa

[3] Martin J.T.: Programowanie maszyn cyfrowych w systemach uwarunkowanych czasowo. WNT:Warszawa 1970

mgr inż. Jerzy MYSIOR

Instytut Maszyn Matematycznych

Problemy automatyzacji wytwarzania oprogramowania dla obiektowych systemów komputerowej automatyzacji

Oprogramowanie każdego konkretnego obiektowego systemu komputerowej automatyzacji (OSKA) stanowi jego integralną część, przekształcającą maszyny cyfrowe, na których działa (z reguły mini- lub mikrokomputery) w wyspecjalizowane urządzenia współdziałające z obiektem przemysłowym oraz personelem obsługującym ten obiekt.

Oprogramowanie OSKA obejmuje oprogramowanie funkcjonujące na wszystkich wchodzących w skład systemu maszynach (dalej nazywanych maszynami eksploatacyjnymi), w szczególnych wypadkach jest oprogramowaniem jednej maszyny.

Dla klasy zastosowań techniki komputerowej, do której należą OSKA jest charakterystyczne, że oprogramowanie każdej maszyny eksploatacyjnej może być traktowane jako niezmienne, tzn. kompletne oprogramowanie znajduje się w pamięciach (operacyjnych i pomocniczych) maszyn eksploatacyjnych zanim system będzie puszczony w ruch. Systemy OSKA są więc systemami stałoprogramowymi, a ich użytkownicy są operatorami a nie programistami.

Z powyższego wynikają wymagania dotyczące sposobu komunikowania się systemu z operatorami (używanie pojęć z automatyzowanej dziedziny zamiast tradycyjnie informatycznych) oraz kompletności oprogramowania (oprogramowanie przystosowane do różnych wariantów obsługi obiektu wynikających np. z awarii sprzętu).

Obok rozpatrywania oprogramowania OSKA jako dynamicznej składowej systemu należy również rozpatrywać oprogramowanie jako produkt programowy, który podobnie jak składowe sprzętowe systemu musi być zaprojektowany, wyprodukowany, przetestowany i przekazany do eksploatacji.

W procesie wytwarzania oprogramowania są stosowane również maszyny cyfrowe (dalej nazywane maszynami technologicznymi). Charakterystyczne dla oprogramowania OSKA jest lub powinno być to, że maszyna eksploatacyjna jest z zasady inną fizycznie maszyną niż maszyna technologiczna.

Oprogramowanie jako dynamiczna składowa OSKA

Oprogramowanie maszyny eksploatacyjnej działającej w OSKA stanowi zbiór reguł, w myśl których maszyna ta współdziała z obiektem przemysłowym, innymi maszynami eksploatacyjnymi oraz operatorami.

Reguły te przedstawione są w formie zbioru instrukcji maszyny eksploatacyjnej, załadowanych do pamięci i wykonywanych przez procesor lub zestaw procesorów tej maszyny.

Funkcjonalnie oprogramowanie stanowi niepodzielną całość, dla głębszego jednak zrozumienia zasad jego działania wygodnie jest dokonać dekompozycji oprogramowania na części składowe, które można w znacznym stopniu rozpatrywać niezależnie.

W programowaniu można wyróżnić dwa główne poziomy: oprogramowanie użytkowe oraz oprogramowanie podstawowe (system operacyjny).

- Oprogramowanie użytkowe, w uproszczeniu, reprezentuje problemową orientację systemu, tzn. realizuje algorytm współdziałania z obiektem przemysłowym.
- Oprogramowanie podstawowe reprezentując komputerową orientację systemu udostępnia oprogramowaniu użytkowemu środki do kontaktowania się z obiektem oraz organizuje pracę systemu jako całości.

Dalszy podział umożliwia wprowadzenie abstrakcyjnego pojęcia procesu (obliczenia sekwencyjno-

go) rozumianego jako sekwencja operacji wykonywanych na jakimś zbiorze danych lub jako wykonanie ciągu umieszczonych w pamięci instrukcji składających się na tzw. program procesu.

Proces zachowując z założenia znaczną autonomię działania niekiedy musi kontaktować się z innymi procesami, z obiektem przemysłowym (który również może być rozpatrywany jako zbiór procesów), musi powoływać do życia i kończyć procesy, musi opóźniać swoje działanie lub oczekiwać na zaistnienie zdarzenia warunkującego jego dalsze działanie.

Obok instrukcji arytmetycznych, logicznych itp., które potrafi zinterpretować procesor maszyny eksploatacyjnej w programie procesu pojawiają się więc inne instrukcje (synchronizacji, komunikacji, opóźnień itp.), które są realizowane środkami programowymi jako ekstrakody.

Z punktu widzenia oprogramowania użytkowego system operacyjny, wraz z maszyną eksploatacyjną, stanowią pewną maszynę abstrakcyjną, wirtualną, dysponującą inną niż maszyna rzeczywista listą instrukcji, wzbogaconą o instrukcje ekstrakodowe.

Z kolei w systemie operacyjnym, który może być traktowany jako symulator tej maszyny wirtualnej na maszynie rzeczywistej, można również wyróżnić współbieżnie działające procesy, których programy ułożono z instrukcji realizowanych przez maszynę eksploatacyjną wyposażoną w tzw. "jądro" systemu operacyjnego.

"Jądro" już nie dzieli się na procesy i może być traktowane jako rodzaj interfejsu między sprzętem komputerowym a całym pozostałym oprogramowaniem. Do podstawowych zadań "jądra" należy dostarczenie wszystkim procesom wirtualnych procesorów uzyskiwanych przez podział czasu fizycznego procesora (procesorów) oraz odbieranie i wstępna obróbka wszelkich sygnałów nadawanych przez sprzęt komputerowy i oprogramowanie, w tym również sygnałów niesprawności sprzętu.

Podział oprogramowania na współbieżnie działające procesy ma swoje uzasadnienie w charakterze obiektów przemysłowych obejmujących w dużym stopniu niezależnie działające maszyny i urządzenia (dane, o działaniu których dostarczane są z wielu punktów pomiarowych) oraz w charakterze sprzętu mini- i mikrokomputerowego, który składa się ze współbieżnie działających części (procesory, kanały, urządzenia zewnętrzne itp.). Jednocześnie podział oprogramowania na współbieżnie działające procesy pozwala dobrze wykorzystywać procesor maszyny przez przełączanie go z procesu, który nie może być w danej chwili kontynuowany na inny, zdolny do działania (wieloprogramowość).

Należy tu jednak podkreślić, że dobre wykorzystanie sprzętu komputerowego jest w OSKA drugorzędnym kryterium jakości oprogramowania. Na pierwszym planie bowiem należy umieścić poprawną realizację algorytmu współdziałania z obiektem, rozumiejąc przez to zarówno logiczną poprawność programów jak i ścisłe przestrzeganie ograniczeń czasowych charakterystycznych dla konkretnej klasy OSKA. Ponadto pierwszoplanowe jest spełnienie wymagania aby system wykazywał odporność na zakłócenia wprowadzane przez obiekt oraz sam system komputerowy (oprogramowanie powinno niwelować skutki mniejszych zakłóceń a w poważnych zakłóceniach - nie podejmować decyzji szkodliwych dla obiektu). Te pierwszoplanowe wymagania muszą prowadzić do dodatkowego obciążenia pamięci i procesora (rozbudowany aparat kontroli, programy dynamicznej rekonfiguracji oprogramowania itp.). Ponadto, jeśli przewidywana jest rozbudowa systemu, należy pozostawić pewien nadmiar mocy obliczeniowej (czas procesora, pamięć), gdyż w przeciwnym razie można przez zmiany oprogramowania doprowadzić do istotnego pogorszenia jakości systemu.

<u>Wytwarzanie oprogramowania OSKA</u>

Proces wytwarzania oprogramowania OSKA powinien przebiegać zgodnie z niżej podanymi wymaganiami.

- Uzyskanie produktu o żądanej jakości.

  Oprogramowanie powinno dokładnie realizować algorytm współdziałania z obiektem przemysłowym, z zachowaniem wszystkich narzuconych przez obiekt ograniczeń. Decydujące znaczenie ma dobór właściwego algorytmu i metod jego zaprogramowania oraz rozwiązania przyjęte w systemie operacyjnym (regulaminy szeregowania procesów itp.). Oprogramowanie powinno być zweryfikowane zgodne z intencjami oraz przetestowane tak, aby można było z dużym zaufaniem traktować je jako bezbłędne.

- Uzyskanie produktu możliwie najszybciej.
  Zastosowane technologie wytwarzania oprogramowania powinny pozwolić zminimalizować okres czasu dzielący sformułowanie założeń od przekazania oprogramowania do eksploatacji. Pozwoli to możliwie najwcześniej uzyskać efekty funkcjonowania OSKA jako całości.

  Uzyskanie produktu najtańszego na najtańszym sprzęcie.
  Suma kosztów wytwarzania oprogramowania oraz kosztu sprzętu (maszyny eksploatacyjne) powinna być minimalna. Przyjęte technologie wytwarzania powinny pozwolić na uzyskanie oprogramowania z jednej strony optymalnego w sensie wymagań czasowych i pamięciowych, a z drugiej - możliwie najtańszego (z uwzględnieniem kosztów eksploatacji, tzn. modyfikacji i rozbudowy oprogramowania).

Oprogramowanie w trakcie wytwarzania rozpatrywane jest jako zestaw części, które umownie nazwiemy modułami; moduły nie muszą pokrywać się z programami procesów, o których mowa była wyżej.

Oprogramowanie użytkowe będzie reprezentowane przez zestaw modułów użytkowych, oprogramowanie podstawowe przez zestaw modułów systemu operacyjnego. Ponadto oprogramowanie konkretnego OSKA bywa niekiedy uzupełniane modułem programu ładującego, odpowiadającego programowi wprowadzanemu do pamięci maszyny eksploatacyjnej, w celu załadowania tej pamięci właściwym oprogramowaniem. Program ładujący nie istnieje (nie powinien istnieć) w pamięci maszyny eksploatacyjnej, gdy działa właściwe oprogramowanie OSKA.

Zestaw modułów użytkowych reprezentuje jeden lub więcej wariantów algorytmu współdziałania z obiektem, podobnie w zestawie modułów systemu operacyjnego mogą występować moduły tworzące warianty systemu operacyjnego różniące się reżimami współdziałania z oprogramowaniem użytkowym oraz sprzętem komputerowym (dynamiczna rekonfiguracja oprogramowania). Oczywiście w pamięci operacyjnej maszyny eksploatacyjnej w danej chwili rezydują tylko te moduły, które są niezbędne do realizacji jednego wariantu współpracy z obiektem.

W zestawie modułów systemu operacyjnego wyróżnia się zwykle moduły zawierające programy (podprogramy) obsługi urządzeń zewnętrznych (lub grup urządzeń). W systemach wielomaszynowych będą w zestawie modułów każdego systemu operacyjnego występowały moduły odpowiedzialne za współdziałanie z innymi maszynami eksploatacyjnymi.

Oprogramowanie konkretnego OSKA można uzyskać albo przez modyfikacje oprogramowania już istniejącego albo produkując nowe oprogramowanie.

Modyfikacja oprogramowania istniejącego, którą można sprowadzić do wymiany nielicznych modułów jest możliwa pod warunkiem istnienia OSKA wzorcowego, podobnego do projektowanego, przy czym to podobieństwo powinno być istotne i w szczególności musi dotyczyć sprzętu komputerowego (takie same maszyny eksploatacyjne). Zakres zmian, które chce się wprowadzać, nie powinien być zbyt duży i z reguły powinien ograniczać się do oprogramowania użytkowego. **Zmiany zbyt daleko idące, a zwłaszcza dotyczące systemu operacyjnego, jak pokazuje praktyka, mogą być bardzo kosztowne, a ich wprowadzanie może trwać na tyle długo, że korzystniej byłoby zaprojektować i wyprodukować całkowicie nowe oprogramowanie.**

Uzyskiwanie nowego oprogramowania przez modyfikację wzorcowego może się opłacać przy typowych OSKA, gdzie wystarczy korzystać z typowego systemu operacyjnego, dostarczonego przez producenta sprzętu komputerowego.

Warto tu zwrócić jeszcze uwagę na konieczność postępowania przy modyfikacjach zgodnie z technologią przyjętą przy wytwarzaniu wzorcowego oprogramowania.

Przy nietypowych OSKA, przy stosowaniu różnych od wzorcowych maszyn eksploatacyjnych bądź przy braku wystarczająco precyzyjnej i przejrzystej dokumentacji wzorcowego oprogramowania przeważnie opłaci się wykonywać nowe oprogramowanie.

Oprogramowanie zaprojektowane specjalnie dla konkretnego OSKA w trakcie eksploatacji częstokroć będzie musiało podlegać zmianom - warto więc projektować je od razu tak, żeby mogło pełnić rolę oprogramowania wzorcowego, gdy pojawi się potrzeba jego modyfikowania. Celowe jest przyjęcie takiej technologii wytwarzania oprogramowania, która te późniejsze zmiany ułatwi. W szczególności warto rozważać celowość wprowadzenia automatyzacji lub ściślej mówiąc komputerowo wspomaganych

metod wytwarzania oprogramowania. Metody te z założenia ułatwiając produkowanie oprogramowania nowego ułatwiają również wprowadzanie zmian do tego oprogramowania.

Skoro przedmiotem rozważań są tu problemy automatyzacji wytwarzania oprogramowania dalej będą rozważane przede wszystkim problemy wynikające przy konstruowaniu nowego oprogramowania.

Niezależnie od specjalizacji konkretnego OSKA w procesie wytwarzania jego oprogramowania można wyróżnić następujące główne fazy:

- projektowanie
- implementację
- testowanie
- wdrożenie.

Faza projektowania powinna umożliwiać dokonanie umotywowanego wyboru optymalnego wariantu oprogramowania zapewniającego uzyskanie zamierzonego celu działania OSKA przy najniższych kosztach sprzętu komputerowego.

Przejście od modelu oprogramowania, analitycznego bądź symulacyjnego do projektu oprogramowania, a następnie do produktu programowego powinno być określone w sposób umożliwiający automatyzację, choćby częściową, uzyskiwania gotowego produktu. Stosowane współcześnie metody badania i oceny modeli oprogramowania pozwalają jedynie uzyskać wytyczne do projektu. Projekty oprogramowania są przeważnie na tyle słabo sformalizowane, że pozwalają na dużą dowolność w fazie implementacji.

Faza implementacji powinna umożliwiać szybkie uzyskanie konkretnego oprogramowania w formie produktu programowego, dostosowanego do konkretnej konfiguracji sprzętowej maszyny eksploatacyjnej z czytelną i jednoznaczną dokumentacją. Stosowane obecnie metody implementacji oprogramowania, a zwłaszcza systemów operacyjnych, opierające się na stosowaniu języków programowania niskiego poziomu (assemblery) są metodami rzemieślniczymi, wymagają zaangażowania wysokiej klasy specjalistów, tj. programistów systemowych (są więc kosztowne) i pozwalają uzyskiwać po długim okresie czasu źle udokumentowane produkty programowe.

Faza testowania powinna umożliwiać sprawdzenie zgodności uzyskanego produktu programowego z intencjami wyrażonymi w projekcie w konfrontacji z obiektem przemysłowym. Możliwości testowania oprogramowania na maszynie eksploatacyjnej są utrudnione z racji ograniczeń sprzętowych i braku stosownych pomocy programowych (byłyby zbędne w gotowym oprogramowaniu), a częstokroć niemożliwe do przeprowadzenia w warunkach rzeczywistych, gdyż obiekt na to nie pozwala. Dlatego też nie ukształtowały się dotychczas praktyczne i skuteczne metody testowania zwłaszcza w odniesieniu do systemów operacyjnych. Oprogramowanie bywa więc częstokroć słabo przetestowane.

Faza wdrażania powinna umożliwiać przekazanie do eksploatacji oprogramowanego OSKA wraz z dokumentacją konstrukcyjną oprogramowania, pozwalającą na wprowadzenie niezbędnych, wynikających z eksploatacji oraz z wykrycia błędów, zmian do tego oprogramowania. Obecnie wytwarzane oprogramowanie często jest niejednoznacznie i nieczytelnie udokumentowane co powoduje, że po rozwiązaniu ekipy projektantów i realizatorów, po wykonaniu oprogramowania wprowadzanie poprawek staje się przedsięwzięciem niezmiernie kosztownym i pracochłonnym.

Automatyzacja wytwarzania oprogramowania OSKA

Stosowanie maszyn cyfrowych do wytwarzania oprogramowania jest jednym z pierwszych nienumerycznych zastosowań techniki komputerowej. Języki programowania i ich translatory, programy edytorskie usprawniające redagowanie tekstów programów, programy konsolidujące niezależnie kompilowane moduły, programy wspomagające testowanie programów itp. są wykorzystywane praktycznie przy wszystkich pracach programistycznych.

Wspomniane środki automatyzacji z reguły wykorzystywane są do rozbudowy oprogramowania maszyn cyfrowych, na których funkcjonują, a ponadto środki te są szczególnie ubogie w zakresie wytwarzania systemów operacyjnych. Jest to istotnym ograniczeniem z punktu widzenia potrzeb OSKA.

Rozpatrując problem wytwarzania oprogramowania dla OSKA, które mogą obejmować komputery różnych typów, w tym również konfiguracje mini- i mikrokomputerowe praktycznie nieprzydatne do pro-

dukcji programów, należy rozważyć stosowanie takich środków automatyzacji, które umożliwią szybkie i tanie produkowanie i testowanie oprogramowania dla maszyn o różnych listach instrukcji (kompilatory skrośne i symulatory sprzętu), przy czym dotyczyć to powinno zarówno oprogramowania użytkowego jak i podstawowego. Środkami tymi będą systemy komputerowo wspomaganego wytwarzania oprogramowania, działające na silnych, bogato oprogramowanych maszynach technologicznych. Systemy te mogą działać wg zasad generowania lub kompilacji oprogramowania. Systemy generowania oprogramowania będą skuteczne przy produkowaniu oprogramowania typowych OSKA, działających na maszynach eksploatacyjnych tego samego typu. Systemy kompilacyjne będą korzystniejsze przy oprogramowaniach nietypowych OSKA, w systemach wielomaszynowych itp.

Generowanie oprogramowania polega na wybieraniu elementów oprogramowania odpowiadających konkretnym potrzebom z jakiejś biblioteki, zawierającej wiele wariantów tych elementów (z reguły już przetestowanych) oraz wiązaniu tych elementów w całość.

Generowanie oprogramowania wymaga przeprowadzenia daleko posuniętej standaryzacji elementów oprogramowania (modułów) oraz powiązań między elementami. Sprzyja temu założenie jednolitej bazy sprzętowej, tj. oparcie OSKA na maszynach cyfrowych tego samego typu, definiowanie klas zastosowań OSKA wsparte opracowaniem typowych algorytmów współpracy z obiektem oraz wykonaniem modułów programowych realizujących te algorytmy zarówno w zakresie oprogramowania użytkowego jak i podstawowego. Ważne byłoby zrealizowanie banku modułów programowych wzbogacanego o rozwiązania dobrze przetestowane i zweryfikowane praktycznie oraz określenie języka wysokiego poziomu generowania oprogramowania, którego interpreter w powiązaniu z programem konsolidującym, działający na silnej maszynie technologicznej pozwalałby wiązać wybrane moduły w kompletne oprogramowanie.

Wobec faktu, że moduł programowy nie ma jednoznacznej, ogólnie przyjętej definicji, w każdym konkretnym systemie generowania poważnych trudności można się spodziewać przy definiowaniu modułów tak, żeby z jednej strony liczba typów modułów nie była przesadnie duża, z drugiej zaś - powiązania międzymodułowe były wystarczająco wygodne, tzn. niezbyt liczne, niezbyt sztywne - zwłaszcza w odniesieniu do systemów operacyjnych (również "jądro" powinno być przedmiotem generowania).

Ponadto powinny być określone wygodne dialekty języków programowania, w których konstruowane byłyby nowe moduły, oraz kompilatory skrośne tych języków na jednolitą z punktu widzenia potrzeb aparatu wybierania i łączenia, postać modułów.

Istniejące systemy generowania oprogramowania z reguły ograniczają się do produkowania oprogramowania dla maszyn eksploatacyjnych programowo zgodnych z maszyną technologiczną, bywają ponadto mocno ograniczone w zakresie generowania systemów operacyjnych, praktycznie zapewniając jedynie możliwość dopasowania istniejących systemów operacyjnych do wariantów konfiguracji sprzętowej.

Warto zauważyć, że generowanie oprogramowania prowadzi do minimalizacji kosztów i czasu uzyskania oprogramowania oraz łagodzi wymagania dotyczące testowania, gdyż wybrane moduły są przetestowane. Z drugiej strony jednak preferując rozwiązania typowe uzyskuje się oprogramowanie albo nadmiarne w stosunku do potrzeb konkretnego OSKA, co prowadzi do wzrostu kosztów sprzętu, albo ograniczające możliwości współpracy OSKA z obiektem przemysłowym, co prowadzi do obniżenia jakości. Ponadto metody wytwarzania, stosujące techniki generowania, nie rozwiązują właściwie problemu dokumentowania oprogramowania, pozostawiając otwarty problem taniego i szybkiego wprowadzania zmian do gotowego oprogramowania.

O ile metody oparte na zasadach generowania oprogramowania standaryzując wewnętrzną (pośrednią) postać składowych oprogramowania nie narzucają ograniczeń na stosowane języki programowania, co często prowadzi do stosowania języków poziomu assemblera lub niewiele wyższych, o tyle metody oparte na zasadach kompilacji standaryzują zewnętrzną postać (dokumentacja konstrukcyjna) oprogramowania mniej przywiązując wagę do wewnętrznej reprezentacji programów.

Określenie języka programowania wysokiego poziomu, pozwalającego kompletnie zaprogramować cały poziom oprogramowania użytkowego lub podstawowego, czy w korzystniejszym wypadku kompletne oprogramowanie wraz z "jądrem" systemu operacyjnego, umożliwia projektowanie oprogramowania unikalnego, dobrze dopasowanego do konkretnego OSKA.

Najpełniejszym rozwiązaniem byłoby przyjęcie języka wysokiego poziomu łączącego w sobie cechy języka symulacyjnego, języka implementacji oprogramowania oraz języka opisu sprzętu komputerowego (implementacji symulatorów sprzętu) jako jednolitego języka wejściowego systemu programowego funkcjonującego na dużej maszynie technologicznej. System taki umożliwiałby projektowanie i badanie wariantów sprzętowo-programowych OSKA, produkcję techniką kompilacji skrośnej i testowanie na symulatorach eksploatacyjnych unikalnego oprogramowania konkretnych OSKA. Uzyskiwane na tej drodze oprogramowanie miałoby odpowiednią jakość, preferowałoby tańszy sprzęt (oprogramowanie dopasowane do potrzeb), mogłoby być uzyskiwane szybko (testowanie jest możliwe zanim sprzęt będzie skompletowany lub równocześnie z kompletowaniem sprzętu) a jako dobrze i czytelnie udokumentowane - pozwalałoby na szybkie i tanie wprowadzanie zmian.

Prace naukowo-badawcze i konstrukcyjne z zakresu metod automatyzacji wytwarzania oprogramowania prowadzone są przez wszystkie przodujące firmy związane z produkcją komputerów oraz liczne placówki naukowe. Prace takie są prowadzone również w naszym kraju.

W Instytucie Maszyn Matematycznych opracowywany jest system komputerowo wspomaganego wytwarzania oprogramowania o nazwie IMMKOS (Kompilator Oprogramowania i Symulatorów).

System IMMKOS bazuje na oryginalnej, opracowanej w IMM, metodyce stosowania jednolitego języka programowania wysokiego poziomu (COSPLAN) zaprojektowanego specjalnie do sporządzania opisów systemów komputerowych zwłaszcza minikomputerowych oraz ich oprogramowania, przede wszystkim wyspecjalizowanych systemów operacyjnych. System IMMKOS, działający na dużej maszynie technologicznej (IBM 370/145, JS) obejmuje zbiór kompilatorów języka COSPLAN na kod maszyn eksploatacyjnych i maszyny technologicznej oraz inne programy pomocnicze.

Wytwarzanie konkretnego oprogramowania za pomocą systemu IMMKOS polega na:

- sporządzeniu w języku COSPLAN funkcjonalnego opisu wybranej konfiguracji maszyny eksploatacyjnej,
- zaprogramowaniu w języku COSPLAN oprogramowania dla tej konfiguracji, obejmującego wyspecjalizowany system operacyjny oraz oprogramowanie użytkowe,
- wykonaniu kompilacji opisu maszyny eksploatacyjnej (w celu uzyskania symulatora sprzętu w kodzie maszyny technologicznej) oraz oprogramowania (w celu uzyskania oprogramowania w kodzie maszyny eksploatacyjnej);
- testowaniu oprogramowania na symulatorze maszyny eksploatacyjnej,
- wyprowadzeniu przetestowanego oprogramowania w formie wymaganej przez sprzętowe środki ładowania programów maszyny eksploatacyjnej np. na taśmie papierowej.

mgr Teresa WOJCIEKIAN
Instytut Maszyn Matematycznych

Podstawowe wiadomości o systemach zarządzania bazą danych

Wprowadzenie

Wykorzystanie maszyn cyfrowych do celów związanych z przechowywaniem informacji rozpoczęło się wraz z rozwojem pamięci zewnętrznych, w które wyposażano komputery. Dane, opisujące pewne obiekty takie jak maszyny, ludzie, wyroby, materiały itp. zapisywano początkowo na taśmach magnetycznych, a w miarę rozwoju nośników informacji o dostępie swobodnym - na bębnach i dyskach.

Sposób wykorzystywania przechowywanych informacji również podlegał ewolucji.

W początkowym okresie zakładane zbiory danych były najczęściej wykorzystywane w jednym konkretnym zastosowaniu. Natomiast koncepcja baz danych - obszernych zbiorów danych (odpowiednio zorganizowanych) - doprowadziła do tworzenia takich zbiorów informacji, które mogły służyć wielu różnym zastosowaniom.

Ustalenie pojęć

Bazą danych (BD) będziemy określać duży zbiór danych przechowywanych w pamięci zewnętrznej maszyny cyfrowej wg ustalonej organizacji.

Na zorganizowanych odpowiednio danych, stosownie do potrzeb aplikacyjnych powinny być wykonywane odpowiednie operacje wyszukiwania, modyfikacji, wprowadzania itp. Rolę "organizatora" danych i wykonawcy operacji na bazie danych spełnia "system zarządzania bazą danych" (SZBD). Nadaje on danym "kształt" oglądany przez użytkownika, na ogół znacznie różniący się od ich postaci fizycznej.

System zarządzania bazą danych wraz z podległą mu bazą nazywa się często bankiem danych. Bank danych musi więc zawierać zestaw programów (modułów) umożliwiających wykonywanie na bazie danych niezbędnych operacji - w skład tego pakietu mogą wchodzić zarówno programy wykorzystywane w trybie wsadowym, jak i w trybie konwersacyjnym.

Użytkownikami bazy danych mogą być albo zawodowi programiści albo ludzie nieprogramujący (np. urzędnicy, inżynierowie - tzn. ludzie, którzy wykorzystują maszyny cyfrowe jako pomocniczy element w swojej pracy). Każdy użytkownik ma do swojej dyspozycji język, za pomocą którego komunikuje się z systemem. Dla zawodowego programisty będzie to jeden z konwencjonalnych języków programowania takich, jak ASSEMBLER, PL/1, COBOL. Dla innych użytkowników będzie to specjalnie skonstruowany język umożliwiający przetwarzanie danych zgodnie z żądaniami użytkownika.

Bazę danych możemy sobie wyobrazić jako dużą kolekcję danych elementarnych, z których każda ma swoją nazwę i wartość. Aby dane te dobrze odzwierciedlały opisywane obiekty oraz relacje zachodzące między tymi obiektami, muszą być między sobą właściwie powiązane. Wprowadzenie powiązań między danymi elementarnymi zamienia luźną kolekcję danych elementarnych w zorganizowaną bazę danych. Zestawy danych elementarnych tworzą dokumenty.

Użytkownik, sięgając do bazy, operuje na ogół pojęciem dokumentu jako pewnego zestawu danych dotyczących tego samego obiektu, pojęcia, zdarzenia, związku itp. Tak więc możemy przyjąć, że baza danych jest zbiorem dokumentów opisujących pewne obiekty, pojęcia, zdarzenia itp. Warto dodać, że dokumenty jako pojęcie zewnętrzne nie muszą mieć swoich odpowiedników w fizycznym kształcie bazy. Taka zgodność obrazu logicznego i fizycznego bazy jest jednak wygodna dla użytkowników a często i system zarządzania bazą danych, dzięki takiemu podejściu, zyskuje na prostocie. Między obiektami występują również zwykle pewne powiązania. Zależności te muszą także być reprezentowa-

na w BD. Można to osiągnąć w różny sposób np. przez system odsyłaczy, czy przez wprowadzenie specjalnych dokumentów opisujących relacje między podstawowymi dokumentami w bazie. Dane elementarne wchodzące w skład dokumentu nazywane są często pozycjami elementarnymi. W dokumencie poza pozycjami elementarnymi wyróżnia się także pozycje grupowe, ponadto pozycje jednokrotne i wielokrotne.

Pozycją grupową dokumentu nazywamy taką daną, która obejmuje kilka danych elementarnych i/lub grupowych. Np. dana ADRES może być potraktowana jako grupowa jeśli wyodrębnimy z niej dane: MIEJSCOWOŚĆ, ULICA i NUMER DOMU jako oddzielne dane elementarne. Pozycje elementarne i grupowe mogą być jedno- lub wielowartościowe (jedno- lub wielokrotne). Dobrym przykładem pozycji wielowartościowej jest dana IMIE w kartotece personalnej. Dana ta może zawierać jedną lub kilka wartości (osoba może mieć jedno lub kilka imion) przy czym wszystkie one są równoprawne. Jako przykład pozycji grupowej wielokrotnej można podać daną ADRES rozumianą jako ciąg wszystkich adresów osoby lub instytucji.

Powyższy przegląd pojęć i terminów nie powinien być traktowany jako pełny. Jego celem było jedynie przedstawienie pojęć podstawowych, niezbędnych dla uchwycenia istoty funkcji systemów zarządzania bazą danych.

Operacje wykonywane na bazie danych

Utrzymywanie bazy danych wiąże się z potrzebą wykonywania na danych określonych operacji, np. wyszukiwania, dopisywania, modyfikacji i usuwania danych.

Wyszukiwanie •

Użytkownik, sięgając do bazy danych najczęściej będzie szukał dokumentu, którego wybrane pozycje spełniają określone warunki. Jest to najczęściej wykonywana operacja na BD, wobec tego szybkość odpowiedzi na pytanie decyduje często o przydatności BD.

Dopisywanie i modyfikacja •

Do BD możemy wprowadzać nowe dane lub zmieniać istniejące. Modyfikacja może dotyczyć zarówno całych dokumentów jak również poszczególnych pozycji. Modyfikacja może polegać na wpisaniu informacji do pola, które dotychczas było puste albo na zmianie istniejącej wartości pozycji.

Usuwanie danych •

W trakcie użytkowania BD pewne dokumenty mogą tracić swoją ważność. Dlatego należy umożliwić wykreślanie nieaktualnych zestawów informacji aby na ich miejsce można było wprowadzić nowe dane. Istnienie nieaktualnych danych może stać się przyczyną wydłużenia czasu oczekiwania na informacje oraz spowodować otrzymywanie nieprawidłowych odpowiedzi na pytania.

Sposoby wyszukiwania informacji a czas wyszukiwania

Jak już wspomniano, jedną z najczęściej wykonywanych operacji na BD jest wyszukiwanie dokumentów. Efektywność wyszukiwania dokumentów związana jest m.in. z rodzajem pamięci zewnętrznej, w której są one zapisane. Jeżeli np. mamy do czynienia z taśmą magnetyczną, to fizyczne właściwości tego nośnika narzucają nam sposób przeglądania BD - będzie to w tym wypadku przeszukiwanie sekwencyjne.

Wykorzystanie dysków do przechowywania informacji umożliwiło znacznie swobodniejszy dostęp do danych. Pojawiło się wiele metod umożliwiających szybsze odszukanie żądanej informacji. Aby pokazać jak duży postęp można osiągnąć wprowadzając prostą metodę przeszukiwania binarnego zamiast przeszukiwania sekwencyjnego porównajmy je na przykładzie.

Jeżeli mamy zbiór złożony z 1024 dokumentów, to aby odszukać dany dokument metodą sekwencyjną musimy sprawdzić średnio 512 dokumentów. Jeżeli natomiast zastosujemy metodę przeszukiwania binar-

nego, to do odszukania jednego dokumentu wystarczy przejrzeć nie więcej niż $\log_2 1024 = 10$ dokumentów.

<u>Przykład bazy danych</u>

W celu zilustrowania zagadnienia struktury bazy danych rozpatrzymy przykład bazy. Niech będzie to baza opisująca akcję szkolenia kursowego pracowników pewnej instytucji. Jeśli wyróżnimy jako obiekty opisywane przez bazę: typ kursu, jego konkretne wydanie oraz pracowników jako uczestników szkolenia, to baza ta może mieć kształt następujący:

- dokumenty "KURS", zawierające następujące informacje:
  - SYMBOL KURSU
  - TYTUŁ KURSU
  - OBOWIĄZKOWY KURS PRZYGOTOWAWCZY
- dokumenty "WYDANIE KURSU", informujące o
  - SYMBOLU KURSU
  - DACIE ROZPOCZĘCIA KURSU
  - WYKŁADOWCACH
  - UCZESTNIKACH KURSU
- dokumenty "PRACOWNIK", zawierające dane o pracownikach danej instytucji:
  - IMIĘ
  - NAZWISKO
  - SYMBOL KOMÓRKI ORGANIZACYJNEJ

Zauważmy, że poszczególne dokumenty, należące do tego samego typu, mogą różnić się nieco między sobą, a to z powodu występowania pozycji wielokrotnych. W naszym przykładzie do takich pozycji należą:

- pozycja IMIĘ w ramach dokumentu "PRACOWNIK"
- pozycja UCZESTNIK i WYKŁADOWCA w ramach dokumentu "WYDANIE KURSU"
- pozycja OBOWIĄZKOWY KURS PRZYGOTOWAWCZY w dokumencie "KURS".

Liczba tych pozycji w poszczególnych dokumentach może być różna, więc i całe dokumenty mają różne długości. W podanym przykładzie można spostrzec pewną redundancję (nadmiar) informacji. W pozycji OBOWIĄZKOWY KURS PRZYGOTOWAWCZY występują symbole kursów, które zapewne są również odnotowane w pozycji SYMBOL KURSU odpowiadających im dokumentów typu KURS. Ten nadmiar informacji można usunąć posługując się odpowiednio odsyłaczami. W naszym przykładzie zamiast powtarzać symbol kursu w kolumnie OBOWIĄZKOWY KURS PRZYGOTOWAWCZY wpiszemy informację o treści "patrz dokument nr ...". Założyć oczywiście należy, że wszystkie dokumenty są jednoznacznie ponumerowane.

Stosując odsyłacze w pozycjach:
- OBOWIĄZKOWY KURS PRZYGOTOWAWCZY dokumentu typu "KURS",
- SYMBOL KURSU i UCZESTNIK KURSU dokumentu typu "WYDANIE KURSU"
otrzymamy następujące dokumenty bazy. Dokumenty typu "KURS":

dokument 1	dokument 2
- V005 - ELEMENTY INFORMATYKI - patrz dok. nr ... patrz dok. nr ...	- A016 - PROGRAMOWANIE W JĘZYKU FORTRAN - patrz dok. nr 1 patrz dok. nr ... patrz dok. nr ...

Dokumenty "WYDANIE KURSU":

dokument 3

- patrz dok. nr 1
- 25.IX.78
- J. KOWALSKI
  W. MALINOWSKI
- patrz dok. nr 5
- patrz dok. nr 6
- patrz dok. nr 7

dokument 4

- patrz dok. nr 2
- 30.XI.78
- W. MALINOWSKI
  M. JASIŃSKI
- patrz dok. nr 8
- patrz dok. nr 9

Dokumenty "PRACOWNIK":

dokument 5

- MAREK
  JACEK
- KAMIŃSKI
- TR

dokument 6

- JAN
- NOWAK
- NO

dokument 7

- TADEUSZ
- SOBIESKI
- KM

dokument 8

- ZENON
- POLAK
- RS

dokument 9

- ANTONI
- ROJEK
- ST

Przyjrzyjmy się teraz właściwościom użytkowym tej bazy. Dla uproszczenia ograniczymy się do operacji wyszukiwania informacji. Wszelkie zapytania dotyczące tylko dokumentów typu PRACOWNIK mogą być "załatwiane" przez bazę bardzo prosto, bowiem dokumenty te zawierają bezpośrednio charakterystyki opisywanego obiektu. Inaczej rzecz ma się z pytaniami dotyczącymi pozostałych dwóch obiektów bazy. Np. na pytanie "jaki wykład prowadzi w dniu 25.IX.78 wykładowca J. KOWALSKI?" otrzymamy najpierw odpowiedź - "patrz dok. nr 1". Pełną odpowiedź otrzymamy dopiero po dwóch pobraniach informacji z bazy. Jeszcze trudniej będzie zrealizować żądanie typu: podaj terminy kursu pt. ELEMENTY INFORMATYKI lub podaj terminy kursów, w których uczestniczą pracownicy komórki organizacyjnej ST.

Widzimy, że konstrukcja dokumentów bazy bardzo silnie wpływa na jej własności użytkowe. Można powiedzieć, że każde konkretne rozwiązanie bazy preferujące pewne typy dostępu do bazy, komplikując realizację innych typów pytań. Dlatego tak istotną rolę odgrywa projektowanie bazy, którego zadaniem jest skrupulatne zbadanie przewidywanych sposobów użytkowania bazy i uwzględnienie ich przy wyborze struktury bazy.

Problemy związane z prowadzeniem bazy danych

Stworzenie kompleksu danych, przystosowanego do różnorodnych sposobów użytkowania, wymaga rozwiązania licznych problemów. Omówmy krótko niektóre z nich.

Redundancja danych •

Powtórzenia danych w bazie mogą prowadzić do tego, że baza nie opisuje wiernie i jednoznacznie rzeczywistości. Dzieje się tak np. wtedy, gdy operacja modyfikacji bazy nie uwzględni wszystkich miejsc występowania modyfikowanej danej. O taką pomyłkę wcale nie jest trudno w trakcie użytkowania bazy. Zwróćmy też uwagę, że nawet jeśli nie popełni się takiego błędu, to z racji sekwencyj-

nej modyfikacji poszczególnych danych, mamy do czynienia z chwilowymi sprzecznościami w bazie, które mogą zakłócić inne czynności związane z korzystaniem z bazy, a wykonywane równocześnie z jej modyfikacją.

Redundancja danych wiąże się więc ściśle z zachowaniem wiarygodności i wewnętrznej niesprzeczności danych. Idealnym rozwiązaniem problemu redundancji byłaby taka sytuacja, w której każda dana występuje tylko raz. Takie rozwiązanie prowadzi jednak na ogół do znacznego skomplikowania bazy (znaczna liczba powiązań) to zaś odbija się negatywnie na innych cechach bazy. Dlatego też żadna z istniejących baz nie jest pozbawiona pewnego nadmiaru danych.

Ochrona danych •

Utworzenie BD, czyli skupienie w jednym miejscu pamięci zewnętrznej maszyny dużej liczby danych, wiąże się ze znacznymi kosztami. Niemały jest bowiem koszt przygotowania maszynowych nośników wejściowych i sam koszt wczytania danych. Dlatego też każda baza danych wymaga specjalnej ochrony przed zniszczeniem. Służą do tego m.in. specjalne mechanizmy wbudowane w system zarządzania BD.

Do najczęściej stosowanych należy okresowe kopiowanie bazy na nośniku przechowywanym w odpowiednio chronionym archiwum, połączone z systematycznym rejestrowaniem wszystkich zmian w bazie. Trzeba jednak pamiętać, że zarówno ten, jak i inne sposoby ochrony nie pozostają bez wpływu na efektywność operacji systemu zarządzania. Skoro każda modyfikacja zawartości bazy musi być odnotowana w specjalnej historii bazy, to operacja modyfikacji musi trwać dłużej. Trzeba się z tym pogodzić, jeśli chcemy uniknąć utraty bazy i kosztów jej odnowienia.

Zawartość bazy wymaga często ochrony przed niepożądanym dostępem. Jeśli w bazie zgromadzono znaczną liczbę danych poufnych (np. dane personalne), to skutki przechwycenia tych danych przez osoby nieupoważnione mogą być nad wyraz szkodliwe. Toteż projektant systemu zarządzania BD zobowiązany jest wbudować w system środki programowe, które wydatnie zmniejszą prawdopodobieństwo takiego zdarzenia. Trzeba pamiętać jednak, że sam mechanizm programowy nie rozwiązuje całego problemu ochrony bazy, głównie dlatego, że jest stosunkowo łatwy do rozszyfrowania. Należy także przewidzieć środki organizacyjne i techniczne zapobiegające niepożądanym dostępom do maszyny, a mechanizmy programowe w SZBD winny być dobrze przystosowane do użytych środków techniczno-organizacyjnych.

W istniejących systemach stosowane są bardzo różne mechanizmy ochrony danych przed niepożądanymi użytkownikami, o zróżnicowanej skuteczności. Mechanizm o większej skuteczności podnosi na ogół koszty eksploatacyjne systemu. Wymaga bowiem więcej czasu i pamięci maszyny dla identyfikacji użytkownika oraz sprawdzenia czy jego życzenia mieszczą się w granicach jego uprawnień. Same uprawnienia mogą być również zadawane na różne sposoby. Zależy to od struktury bazy, a przede wszystkim od stopnia zróżnicowania uprawnień użytkowników do korzystania z bazy. Sposób definiowania, a zatem i zmiana uprawnień, nie pozostaje bez wpływu na koszty użytkowania systemu.

Kontrola wprowadzanych danych •

Wpisywanie dokumentów do BD powinno być związane z kontrolą wprowadzanych danych. Jest to bardzo poważny problem ze względu na to, że przy ogromnej masie informacji, z którymi mamy do czynienia, w czasie przygotowywania dokumentów popełnia się dużo błędów. Część błędów można wykryć w trakcie wpisywania dokumentów do bazy. Są jednak również takie błędy, które uwidoczniają się dopiero w czasie przetwarzania. Tego typu błędy można wyeliminować tylko za pomocą operacji modyfikacji.

Koszt bazy danych •

Założenie BD a potem utrzymywanie jej i obsługa wiąże się z dosyć dużymi kosztami. Na koszty te mają wpływ przede wszystkim: koszty nośników informacji (a więc pamięć maszyny) oraz koszty przetwarzania informacji czyli wprowadzania danych, wyszukiwania informacji, aktualizacji danych

itd. (a więc czas maszyny). W takiej sytuacji jeszcze raz warto podkreślić wagę problemu minimalizacji redundancji danych oraz efektywności wykonywania wszystkich podstawowych operacji na danych.

Najważniejsze implementacje systemów zarządzania bazą danych

Systemy zarządzania bazą danych stanowią obecnie niezbędny składnik nowoczesnego oprogramowania użytkowego maszyn cyfrowych. Do najbardziej rozpowszechnionych za granicą należą systemy: TOTAL, IDS, IMS, DMA1100 i System 2000. W kraju opracowano dla maszyny cyfrowej R32 dwa systemy tego typu: RODAN i SAD. Pierwszy z nich, opracowany w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Informatyki, opiera się na znanej koncepcji komitetu CODASYL, zaimplementowanej (z różnymi odstępstwami) na wielu maszynach na świecie. System SAD opracowano w Instytucie Maszyn Matematycznych na podstawie własnej koncepcji zespołu autorskiego. Jest on ukierunkowany głównie na szybkie i bezpośrednie wyszukiwanie informacji z bazy. Dla tego celu system wyposażono w język konwersacyjny KWINTET, łatwy do opanowania dla nieprogramistów.

Obydwa systemy tj. RODAN i SAD były prezentowane w publikacjach w miesięczniku "INFORMATYKA".

Literatura

[1] DATE C.J.: An introduction to Database Systems. Addison - Wesley Publ. Comp. 1975

[2] MARDAL W., WIERZBOWSKI J.: Niektóre zagadnienia projektowania systemu zarządzania bazą danych. Informatyka 1977 nr 9

[3] MARDAL W., WIERZBOWSKI J.: System zarządzania bazą danych SAD. Informatyka 1977 nr 10

[4] TRZPIL I., ZABOROWSKA E.: Konwersacyjny system wyszukiwania informacji KWINTET. Informatyka 1976 nr 12

[5] ŁĄCKA M., TARASIUK J.: Język KWINTET. Informatyka 1977 nr 1

[6] Uniwersalny system zarządzania bazą danych RODAN. Warszawa: OBRI 1977

Andrzej STAWOWCZYK
Zakłady Maszyn i Urządzeń
Technologicznych
UNITRA - UNIMA

Automatyzacja pomiarów w przemyśle

Wstęp

Coraz częściej spotykamy się ze złożonymi obiektami, które stają się przedmiotem przemysłowego wytwarzania, a to na ogół powoduje potrzebę automatyzacji pomiarów obiektów w toku ich wytwarzania. Złożone obiekty, bez względu na to czy są podzespołami czy też wyrobami, mogą być charakteryzowane przez wiele cech obiektu. Wyznaczenie wartości cech takiego obiektu wymaga wykonania wielu pomiarów, zaś wnioskowanie o własnościach takiego obiektu na podstawie wyznaczonych wartości może być złożonym zabiegiem. Stwarza to potrzebę automatyzacji pomiarów cech obiektów o złożonej funkcji.

Wieloseryjne wytwarzanie złożonych obiektów powoduje konieczność wielokrotnego powtarzania zespołu czynności, które prowadzą do wyznaczenia wartości cech. Często wnioskowanie o własnościach obiektu, charakteryzowanego przez wiele wartości cech tego obiektu, jest również czynnością złożoną, której realizacja wymaga algorytmizacji i wykonywania za pomocą automatycznych środków przetwarzania informacji. Konieczność wielokrotnego powtarzania algorytmu wnioskowania również uzasadnia potrzebę automatyzacji tych czynności.

W dziedzinie wielkoseryjnego wytwarzania podzespołów elektronicznych, szczególnie podzespołów aktywnych, istnieje potrzeba wyznaczania wielu wartości cech, powtarzanego dla każdego wykonanego obiektu. Przeciętny układ scalony może być scharakteryzowany przez zbiór cech tego obiektu, który zawiera kilkadziesiąt wyróżnionych cech, np. przeciętny układ scalony małej lub średniej skali integracji może być scharakteryzowany przez zbiór cech, który zawiera kilkadziesiąt ustalonych cech. Oznacza to, że obiekt tego rodzaju może być opisany przez kilkaset pomiarów wykonywanych w różnych warunkach. Na podstawie zbioru wartości cech możliwe jest wypracowanie oceny obiektu. Wynika z tego potrzeba automatyzacji pomiarów aktywnych podzespołów elektronicznych i potrzeba automatyzacji algorytmicznych ocen tych obiektów. W praktyce bezwzględnie konieczne jest automatyczne wykonywanie pomiarów aktywnych podzespołów elektronicznych. Automatyzacja pomiarów tego rodzaju obiektów często bowiem stanowi barierę technologiczną, która musi być pokonana, aby umożliwić wieloseryjne wytwarzanie.

Warto zwrócić uwagę, że przemysł półprzewodnikowy jest szczególnie wymagającym użytkownikiem nowoczesnych metod i środków automatyzacji pomiarów wysoce złożonych obiektów, na przykład elementów techniki mikroprocesorowej.

Z wieloma procesami pomiarów cech obiektów wytwarzania w przemyśle elektromaszynowym wiąże się często potrzeba wykonywania spójnych z pomiarami obliczeń numerycznych. Często bowiem zachodzi konieczność przechodzenia z miar liniowych na miary względne, a czasem też na miary logarytmiczne. Często również zachodzi potrzeba korzystania z matematycznych metod opracowywania wyników pomiarów, na przykład w celu aproksymacji czy też interpolacji. Pociąga to za sobą konieczność przetwarzania na bieżąco danych uzyskiwanych z procesów pomiarowych, na ogół wartości cech wytwarzanych obiektów.

Dalsze potrzeby automatyzacji pomiarów cech obiektów wytwarzanych w przemyśle elektronicznym wynikają z organizacji produkcji i zarządzania produkcją. Zautomatyzowane stanowiska pomiarowo-sprawdzające, należące do ciągów technologicznych, są źródłem informacji o rzeczywistym przebiegu procesu wytwarzania, informacji, które powstają w czasie wykonywania procesu pomiarowo-sprawdzającego, przypisanego danemu stanowisku. Wykorzystanie tych informacji jest możliwe przez związanie takich stanowisk z nadrzędnym systemem przetwarzania informacji, którego zadaniem jest zbie-

ranie tych informacji i analizowanie sytuacji pod kątem widzenia zarządzania procesem wytwórczym, sterowania jakością itp.

W przemyśle elektronicznym często są stosowane dyskretne procesy wytwórcze, które stwarzają poważne problemy we właściwym atestowaniu wielkich serii dyskretnych elementów i podzespołów oraz w sterowaniu takimi procesami; stosunkowo trudno poddają się automatyzacji. Procesy te zawierają w sobie czynności wytwarzania elementów i podzespołów oraz czynności składania wyrobu.

Często zachodzi potrzeba wnioskowania o właściwościach procesu wytwarzania na podstawie właściwości populacji dyskretnych obiektów. W praktyce oznacza to potrzebę przechowywania wyznaczonych wartości cech obiektów należących do populacji, w celu późniejszego wnioskowania o własnościach procesu technologicznego i jego sterowania na podstawie analizy zbiorów informacji. Pociąga to za sobą konieczność automatyzacji pomiarów licznych obiektów, spójnej z automatyzacją zakładania i analizowania tego rodzaju zbiorów informacji - przetwarzaniem informacji.

Przedstawimy ważniejsze zagadnienia związane z automatyzacją pomiarów w przemyśle, głównie akcentując zagadnienia dotyczące sprzętu stosowanego w automatyzacji pomiarów, tylko sporadycznie nawiązując do zagadnień programowania.

Wprowadzenie

Automatyzacja badań obiektów fizycznych jest typowym problemem interdyscyplinarnym. Zwykle rozpatrywany jest pewien obiekt fizyczny, który staje się przedmiotem analizy jego zachowania, dokonywanej w zrozumieniu określonej dyscypliny naukowej. W pewien sposób determinuje to metodę rozpatrywania obiektu. Jeśli rozpatrywanie zachowania obiektu fizycznego wymaga poznania zespołu cech tego obiektu, dokonywanego za pomocą odpowiednich narzędzi pomiarowych, to realizacja i stosowanie tych narzędzi jest przedmiotem działania odrębnej dyscypliny - metrologii. Jeśli zachodzi potrzeba automatyzacji procesów pomiarowych służących poznaniu zespołu cech obiektu, to taka automatyzacja na ogół realizowana jest ze znacznym udziałem techniki komputerowej (informatyki), która również stanowi odrębną dyscyplinę. Utrudnia to nawiązanie współdziałania różnych dyscyplin. Konieczne jest przybliżenie do siebie metrologii i informatyki, przede wszystkim przez znalezienie wspólnego języka.

Skutkiem interdyscyplinarnego charakteru problemu automatyzacji badań obiektów fizycznych jest nakładanie się różnych terminologii, często niespójnych ze sobą. Przeważnie powoduje to istotną trudność w porozumieniu współpracujących ze sobą reprezentantów różnych dyscyplin i często jest przyczyną stawiania wzajemnych zarzutów "niezrozumiałości" używanego języka, szczególnie języka informatyki. Utrudnia to integrację działań dla osiągnięcia wspólnego celu - automatyzacji badań określonego obiektu fizycznego lub określonej klasy obiektów, widzianych pod kątem określonej dyscypliny naukowej.

Ustalenie terminów stosowanych w problematyce automatyzacji badań jest ważnym zagadnieniem praktycznym, często nie docenianym. Konieczne są więc dostateczne uściślenia w tej mierze i ich popularyzacja przez odpowiednią działalność wydawniczą i dydaktyczną. Można uważać, że jest to jedno z ważniejszych zadań stojących przed środowiskiem metrologii i informatyki. Jest to jednak sprawą przyszłości.

W ramach niniejszego opracowania będziemy korzystali z pewnych terminów, których znaczenie trudno uznać za jednoznaczne i ustalone. Z tego względu pokrótce wyjaśnimy niektóre terminy z dziedziny metrologii, techniki systemów i informatyki, nie pretendując ani do uściśleń w tej mierze, ani do proponowania uniwersalnych terminów automatyzacji badań obiektów fizycznych. W tym miejscu zależy nam głównie na wyjaśnieniu terminów używanych w niniejszym opracowaniu.

Rozpatrujemy zachowania wielu różnorodnych obiektów fizycznych przez poznanie zespołu cech obiektów. Jeśli poznanie zespołu cech obiektu jest dokonywane za pomocą narzędzi pomiarowych, to o takim obiekcie mówimy obiekt badany.

Przyjmujemy, że każdy obiekt badany może być scharakteryzowany przez ustalony zbiór cech obiek-

ty. Każda cecha należąca do ustalonego zbioru cech ma swoją wartość, którą nazywamy wartością cechy.

Przez pomiar będziemy rozumieli pewną czynność, która polega na wyznaczeniu wartości cechy obiektu. W naszym przypadku, wynikiem pomiaru jest liczba.

Przez wymuszenie będziemy rozumieli pewną czynność, która polega na ustaleniu wartości cechy obiektu. Wynikiem wymuszenia jest ustalona wartość cechy obiektu.

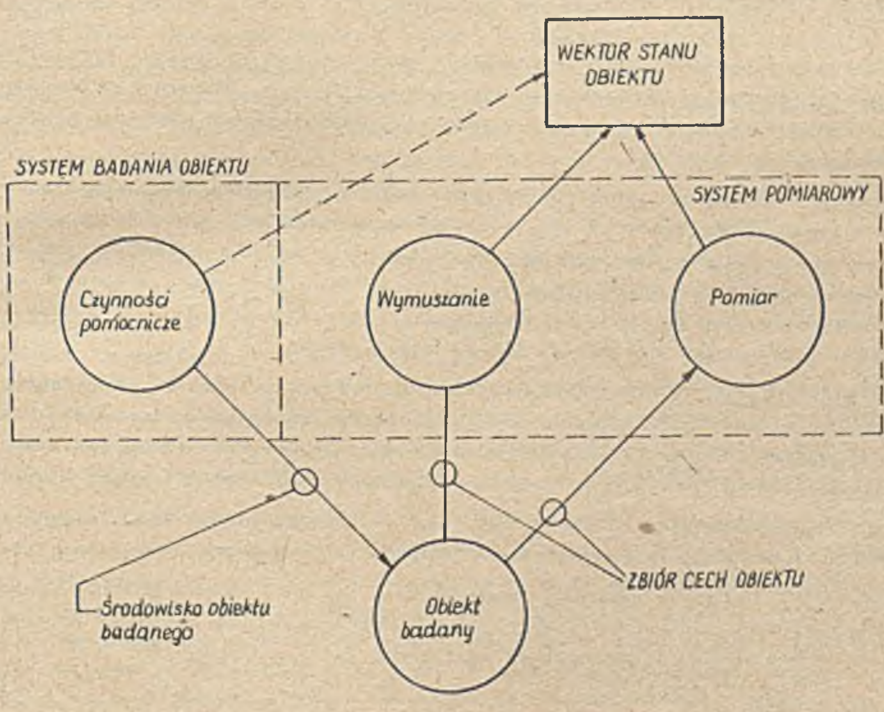
Cechy, które są wspólne dla pewnej klasy obiektów, i dla których ustalono jednostki miernicze, będziemy nazywali wielkościami. Zwykle wielkości są przedmiotem pomiarów i wymuszeń.

Jeśli obiekt jest charakteryzowany przez zbiór cech obiektu, a każda jego cecha ma swoją wartość, to obiekt badany jest charakteryzowany przez wektor stanu obiektu, którego elementami są pary: cechy i jej wartość.

Badanie obiektu jest czynnością, która polega na wyznaczeniu wektora stanu obiektu lub pewnego zbioru wektorów stanów obiektu. Często uważamy, że badanie obiektu jest wyznaczenie wartości wektora stanu, to takie badanie będziemy nazywali badaniem prostym. Jeśli wynikiem badania jest zbiór wartości wektorów stanów, to takie badanie będziemy nazywali badaniem złożonym.

Badanie proste jest elementem badania złożonego, zaś pomiar lub wymuszenie są elementami badania prostego. Możemy więc mówić o procesach badania obiektu, o czynnościach elementarnych tych procesów, o składaniu czynności elementarnych w proces badania obiektu.

Podstawowy schemat badania obiektu pokazano na rys. 1. W kołach podano nazwy układów czynności. Zachowanie obiektu również uważamy za układ czynności.



Rys. 1

Przez automatyzację badania obiektów fizycznych będziemy rozumieli taki sposób organizowania badania, który zapewnia wykonanie układów czynności elementarnych należących do procesu badania przez samoczynne działanie urządzeń i przez programową integrację działań tych urządzeń. Środkiem automatyzacji badania obiektów są głównie systemy pomiarowe lub systemy badania obiektów.

Przez system pomiarowy lub system badania obiektów rozumiemy pewien zbiór urządzeń pomiarowych (aparatów pomiarowych) i urządzeń przetwarzających informacje wraz z ich wzajemnymi sprzężeniami

i odpowiednimi programami, lecz takimi, że wspólnie wykonują zintegrowany proces pomiarowy lub proces badania obiektu, a wynikiem tego procesu jest wartość wektora stanu lub zbiór wartości wektorów stanów obiektu fizycznego. System pomiarowy lub system badania obiektu zastępuje eksperymentatora.

Systemy te są wyrazem zgodnego wykorzystywania technik pomiarowych i technik informatyki. Nie oznacza to jednak, że każdy system pomiarowy musi zawierać system komputerowy; różny bowiem może być stopień automatyzacji procesów wykonywanych przez system pomiarowy lub system badania obiektów. W zasadzie, im wyższy jest udział technik informatyki, tym wyższy jest stopień automatyzacji procesów pomiarowych lub procesów badania obiektu, zaś w wypadkach najwyższej automatyzacji tych procesów, udział technik informatyki polega na integralnej przynależności do odpowiedniego systemu komputerowego.

Problem zgodnego wykorzystywania technik pomiarowych i technik informatyki jest nowym problemem nauki i techniki. Przez metrologię systemową będziemy rozumieli dziedzinę nauki i techniki, która zajmuje się badaniem procesów pomiarowych oraz metodami technicznych i programowych środków automatyzacji pomiarów i badań obiektów fizycznych. Nazwę tę traktujemy jako propozycję.

Aparaty pomiarowe i inne urządzenia przeznaczone do stosowania w systemach pomiarowych i systemach badania obiektów będziemy nazywali programowalnymi aparatami pomiarowymi i programowalnymi urządzeniami wykonawczymi. Programowalność jest cechą urządzenia (aparatu), która pozwala określać jego funkcję lub parametr stałej funkcji za pomocą instrukcji lub ciągu instrukcji - programu. Programowalne mogą być urządzenia realizujące funkcje pomiarowe, funkcje wymuszenia i różne funkcje uzupełniające. Przeważnie zawierają one techniczne środki realizacji sprzężeń (wewnątrz systemu).

Przez środki realizacji sprzężeń będziemy rozumieli zbiór elementów systemu sprzęgu* (interfejsu) oraz kody i formaty informacji przesyłanych tym systemem sprzęgu. Czasem będziemy mówili o układach sprzęgu, rozumiejąc przez to przede wszystkim taką część systemu sprzęgu, która jest związana z danym urządzeniem programowalnym.

Przez system sprzęgu będziemy rozumieli zbiór kabli, złącz, układów nadawczych i odbiorczych, układów realizujących funkcje logiczne, opisów linii sygnałowych i zależności czasowych oraz kombinacji instrukcji sterujących układami sprzęgu, które wymagane są do realizacji sprzężeń w zbiorze urządzeń programowalnych - dla komunikacji wewnątrz systemu. Sprzężenia w zbiorze urządzeń lub komunikacja wewnątrz systemu polegają na przesyłaniu informacji (instrukcji i komunikatów) między urządzeniami należącymi do tego zbioru lub do tego systemu.

Przez kody i formaty informacji przesyłanych sprzęgiem będziemy rozumieli określenie fizycznej reprezentacji elementów wiadomości** koniecznych do zapewnienia komunikacji wewnątrz systemu i komunikacji systemu z jego otoczeniem. W naszym wypadku kody i formaty określają fizyczną reprezentację znaków alfanumerycznych, budowę ciągów znaków alfanumerycznych oraz formaty liczb.

Mówiąc o systemie pomiarowym jako o zbiorze urządzeń i sprzężeń między nimi, często używamy terminów: struktura systemu, organizacja systemu i architektura systemu.

Przez strukturę systemu będziemy rozumieli specyfikację zbioru urządzeń należących do systemu i ogólną charakterystykę sprzężeń wewnątrz systemu oraz charakterystykę sprzężeń systemu z otoczenia. Termin ten odnosi się raczej do konkretnej realizacji systemu (zestawu).

Przez organizację systemu będziemy rozumieli jakościową i ilościową charakterystykę elementów zbioru urządzeń i sprzężeń między tymi elementami, łącznie z charakterystyką sprzężeń systemu z otoczeniem. Termin ten odnosi się raczej do potencjalnych realizacji systemu.

Przez architekturę systemu będziemy rozumieli ogólne zasady integracji urządzeń w zestawy. Pod tym terminem często rozumiemy ogólne zasady integracji wszystkich użytych środków - środków, któ-

---

* Zgodnie z propozycją Instytutu Podstaw Informatyki PAN w niniejszym opracowaniu zastąpiono dotychczas stosowany termin interfejs terminem polskim sprzęg

** W tym miejscu rozumiemy, że informacja nie posiada znaczenia, zaś wiadomość jest informacją, której przypisano znaczenie

re prowadzą do uzyskania określonego zachowania systemu jako spójnej całości. Często też mówimy o architekturze urządzeń i o architekturze oprogramowania, jako że zachowanie systemu jest skutkiem "urządzeniowej integracji" i "programowej integracji" systemu.

Wprowadzone pojęcia nie wyczerpują terminologicznych potrzeb dziedziny automatyzacji pomiarów i badań obiektów (metrologii systemowej), wystarczają jednak do naszych celów*.

Kierunki rozwoju środków automatyzacji pomiarów

W największym streszczeniu można powiedzieć, że automatyzacja pomiarów jest uzyskiwana przez wykorzystanie cyfrowych elektronicznych aparatów, które kojarzone są w pewne zestawy (systemy?) pomiarowe, a których sterowanie wykonywane jest automatycznie. Środki komputerowej techniki pozwalają bowiem na takie ich użycie, że zapewniają złożenie układów pewnych funkcji przez sterowanie urządzeniami realizującymi te funkcje, to jest przez wyzwalanie działania tych czynności i przez odpowiednie złożenie produktów tych funkcji, a ich działanie jest określone odpowiednim programem. Omówimy podstawowe zagadnienia środków realizacji automatyzacji badań.

W początkowym okresie rozwoju automatyzacji badań obiektów fizycznych, z zasady tworzono pewne zestawy cyfrowej aparatury pomiarowej, dostosowane do badań pewnej klasy obiektów, które w różny sposób podporządkowywano sterowaniu za pomocą minikomputerów. Uważano to bowiem za jedyny sposób realizacji automatyzacji badań obiektów fizycznych.

Zafascynowanie minikomputerami w ostatnim dziesięcioleciu spowodowało spontaniczne ich stosowanie do tych celów. Fragmenty lub całe zestawy aparatury pomiarowej uzbrajano w układy sprzęgu charakterystycznego dla pewnego minikomputera lub rodziny minikomputerów. W ten sposób stworzono wiele różnych organizacji-systemów pomiarowych, często różnych nawet wtedy, gdy stosowano ten sam rodzaj minikomputera. Wdrożono do produkcji wiele opracowań, lecz opracowań nie kompatybilnych wobec siebie i przeważnie pozwalających na realizację zbyt wąskiej klasy pomiarów i badań, zbyt wąskiej w stosunku do zmieniających się potrzeb użytkowników. Często sukcesy techniczne okazywały się klęską ekonomiczną wytwórców tego rodzaju systemów pomiarowych.

Główne trudności w tej mierze polegały na tym, że wszyscy wytwórcy opracowywali i wykonywali kosztowną aparaturę pomiarową według swojej organizacji systemu i według swoich kodów obowiązujących w komunikacji aparatury pomiarowej z minikomputerem. Każdy z nich realizował drogie opracowania, przeważnie zbliżone do opracowań innych wytwórców, lecz nie zamienne względem siebie, nie uzupełniające się wzajemnie. Dotyczy to zarówno aparatury pomiarowej i jej sprzężeń z minikomputerem, jak również adaptacji (czy tylko?) standardowego oprogramowania popularnych minikomputerów np. PDP, NOVA. Niektórzy z wytwórców przyjmowali nawet drogę tworzenia swoich minikomputerów dla tych celów (np. Fairchild Systems Technology) łącznie z opracowaniami złożonego oprogramowania.

Zmieniające się potrzeby użytkowników tego rodzaju sprzętu, narzucały konieczność nieraz drobnych zmian w kompletowaniu aparatury pomiarowej należącej do systemu pomiarowego, wcześniej opracowanego i dostarczonego do użytkownika. Pociągało to za sobą poważne trudności techniczne i często poważne zmiany w standardowym oprogramowaniu systemu. Skutkiem wzrostu kosztów opracowań, wielu wytwórców znalazło się w trudnej sytuacji ekonomicznej (np. Fairchild Systems Technology, Computer Test Corporation, Teradyne) a niektóre z nich wręcz przestawały istnieć, mimo uzyskania znaczących osiągnięć technicznych.

Opłacalność uzbrojenia produkcji w zautomatyzowane stanowiska pomiarowo-sprawdzające, często systemy pomiarowe, realizowane na takiej zasadzie współpracy aparatury pomiarowej z minikomputerem, budzi poważne wątpliwości wielu użytkowników. Powodem jest to, że tego rodzaju stanowiska są stosunkowo kosztowne, okres ich amortyzacji w przemyśle musi być też stosunkowo długi. Często

---

* Czytelnik wybaczy, że publikując niniejszy referat w czasopiśmie z dziedziny informatyki (techniki komputerowej), autor pozwolił sobie na wyjaśnianie terminów powszechnie znanych. Stało się to głównie skutkiem obawy, że niniejsze opracowanie może trafić także do rąk Czytelników, którzy nie przyzwyczaili się jeszcze do używanych terminów (przyp. autora)

i głębokie zmiany w wytwarzanych przez użytkownika wyrobach powodują, że oczekuje on znacznej uniwersalności nabywanego wyposażenia technologicznego. Daleko posunięta uniwersalność zautomatyzowanej aparatury pomiarowej podnosi koszty jej opracowań i wytwarzania. Istnieje więc pewna rozbieżność interesów wytwórcy i użytkownika aparatury.

Obecnie jednym z podstawowych warunków efektywnej automatyzacji badań stosowanych w przemyśle dla celów przygotowania produkcji i dla celów technologicznych, jest możliwość wykorzystywania seryjnych wyrobów przemysłu aparatury pomiarowej i seryjnych wyrobów przemysłu techniki komputerowej. Głównie bowiem chodzi o to, aby przez seryjność wytwarzania urządzeń składowych zapewnić ich możliwie niską cenę, wysoką jakość, nabywalność i dostępność specjalistycznego serwisu. Równie ważnym atrybutem seryjnych wyrobów przemysłu aparatury pomiarowej jest ich uniwersalność. Wykorzystywanie jednak takiej aparatury pomiarowej i urządzeń techniki komputerowej dla celów automatyzacji pomiarów narzuca konieczność przyjęcia przez wytwórców licznych warunków, które muszą spełniać ich wyroby. Należą do nich: "ucyfrowienie" aparatury pomiarowej, zapewnienie jednolitych zasad i środków wymiany informacji między wszystkimi wytwarzanymi dla tych celów urządzeniami, zgodność standardów elektromechanicznych.

Rozwój cyfrowych aparatów pomiarowych jest zjawiskiem stałym, skutkiem potrzeby zapewnienia coraz wyższych dokładności wszystkich spotykanych funkcji pomiarowych i rozwoju bazy podzespołowej. Tak zwane cyfrowe techniki pomiarowe pozwalają na uzyskiwanie nie spotykanych dotąd dokładności funkcji pomiarowych. Przykładami mogą być woltomierze cyfrowe i syntezery częstotliwości.

Ujednolicenie sprzęgu oraz kodów i formatów informacji charakterystycznych dla aparatury pomiarowej, głównych elementów i środków wymiany informacji ma już pewną tradycję lecz niezbyt pozytywne wyniki. Od wielu już lat różne komitety międzynarodowe usiłowały ujednolicić kody i formaty informacji wydawanych przez mierniki cyfrowe (np. dla drukarek) i wprowadzić jednolity system sprzęgu dla tych celów. Nie osiągnięto jednak zadowalających wyników, mimo wydania kilku norm i zaleceń. Najważniejszą przyczyną było to, że wszelkie zalecenia w tej mierze były niejednoznaczne, a na przykład zalecany system sprzęgu ISP 1 był relatywnie kosztowny i uciążliwy w praktycznym wykorzystaniu. Powodowało to niechęć do jego stosowania. Skutkiem tego do niedawna trudno było mówić o jednolitych zasadach i środkach wymiany informacji w aparaturze pomiarowej. Wyjątkiem był system CAMAC, lecz i ten nie znalazł zastosowania w aparaturze pomiarowej ogólnego przeznaczenia.

Ujednolicenie standardów elektromechanicznych dalekie jest od doskonałości, lecz można uznać że jest obecnie wystarczające i w końcu nie tak krytyczne. Wynika z tego, że najważniejszym warunkiem wykorzystywania seryjnych wyrobów przemysłu aparatury pomiarowej do realizacji środków automatyzacji badań obiektów jest warunek jednolitych zasad i środków wymiany informacji. Nie jest to jednak zagadnienie zbyt proste, zarówno od strony ideowej, jak też realizacyjnej.

W ostatnich latach firma Hewlett Packard (USA), jeden z najpoważniejszych wytwórców aparatury pomiarowej a ostatnio również urządzeń techniki komputerowej, opracowała i konsekwentnie zastosowała nowy, wydaje się optymalny system sprzęgu dla aparatury pomiarowej (programowalnej), który również stosuje do wielu urządzeń techniki komputerowej. W ten sposób firma Hewlett Packard stworzyła sobie możliwość efektywnej realizacji technicznych środków automatyzacji badań i z każdym rokiem powiększa repertuar swoich możliwości przez powiększanie zakresu wytwarzanych urządzeń pomiarowych i komputerowych, wykonywanych w tej konwencji. Istotny fragment systemu sprzęgu jest obłożony patentem USA, udzielonym firmie HP w 1974 r. (nr pat. USA 3,810,103).

Od roku 1974, najpierw IEEE a następnie IEC, podjęły prace nad przygotowaniem zaleceń międzynarodowych, opartych na systemie HP-IB (Hewlett Packard Interface Bus). Zalecenia IEEE Digital Interface for Programmable Instrumentation - IEEE Standard 488 - 1975 stały się ważne w 1975 r. i w tym samym roku ukazała się amerykańska norma krajowa (An American National Standard). Od tego czasu trwają prace nad przygotowaniem norm krajowych w wielu krajach, w tym również w PRL i pozostałych krajach RWPG, które opierają się na odpowiednich zaleceniach IEC (Digital Interface for Programmable Instrumentation - IEC Publication 66 CO 22).

Wprowadzany obecnie system sprzęgu dla aparatury pomiarowej ma wiele zalet, które spowodowały spontaniczne jego wykorzystywanie przez wiele firm o zasięgu światowym, łącznie z firmami, które

znajdują się w czołówce producentów technicznych środków automatyzacji badań. Według publikacji HP, do końca 1976 r. aż 22 producentów aparatury pomiarowej i badawczej zastosowało ten system sprzęgu, lecz rzeczywisty zakres jego wykorzystania wydaje się być znacznie większy. Dowodem jest niżej zamieszczona tabela przedrukowana z artykułu P.E. Klein i H. Wihelmy "Der IEC-BUS...", Elektronik 1977, zeszyt 10, str. 65.

Tabelle 4. Hersteller Bus-kompatibler Geräte und Gesamtzahl der verfügbaren Modelle

Firma	Geräteart	Modell-zahl (Aug.77)
AMS	Abtaster, Digitalisierer	2
Ballantine	Zähler, Zeitgeber	1
Boonton Electronics Corp.	Kapazitäts-Meßbrücken	1
Bruel & Kjaer	Frequenz- und (mech.) Spannungs-Analysatoren	4
Bunker-Ramo, Cadre Div.	Kabel-Meßgeräte	1
California Instrument Co.	Digitalmultimeter	1
Component Mfg. Services	Kabel-Meßgeräte	1
Computer Automation	Controller	1
Dana Exact Electronics Corp.	Generatoren, Synthesizer	4
Dana Laboratories	Zähler, Digitalmultimeter	3
Data Precision Corp.	Digitalmultimeter	1
Datron	Digitalvoltmeter	1
Decca Communications Ltd.	Empfänger	1
Digital Equipment Corp.	Controller	1
Dylon	Formattiergerät, Magnetbandgerät	1
Eip Exact	Zähler	3
E-H Research	Puls-Generator	3
Electro Scientific Industries Inc.	LRC-Meßgerät	1
Electronic Development Corp.	Spannungsquelle	1
Elgar	Netzgerät	3
Fairchild	Prüf-System, Ankoppel-Ger.	3
Fluke Mfg. Co.	Generatoren, Zähler, Digitalmultimeter	5
GenRad	Prüf-Systeme	2
Hewlett-Packard	Meßgeräte, Sichtgeräte, Speicher, Prozessoren	70
Interface Technology	Generatoren	2
Interstate Electronics	Signal-Generator	1
Keithley Instrument Inc.	Digitalmultimeter	5
Nicolet Instrument Corp.	Datenverarbeitungssystem	1
Philips	Zähler, Spannungsmesser, Abtaster, Drucker	8
Precision Filters	Filter-Systeme	3
Process Dynamics	Floppy Disk	1
Rockland Systems	Spektral-Analysator	1
Rohde & Schwarz	Signal-Generatoren, Prüfsysteme	5
Schlumberger	Zähler	2
Systron-Donner	Zähler, Digitalmultimeter Netzgeräte, Controller	6
Tektronix	Grafische Systeme, Periphere Geräte	3
Tri-Data	Flexible Platten (disc)	1
Unitra-Unima	Geräte für Prüfsysteme	10
Vector Ass. Inc.	Logik-Analysator	1
Wavetek	Generatoren	4
Wang	Controller	1
Weinschel Engr.	Frequenz-Meß-System	1

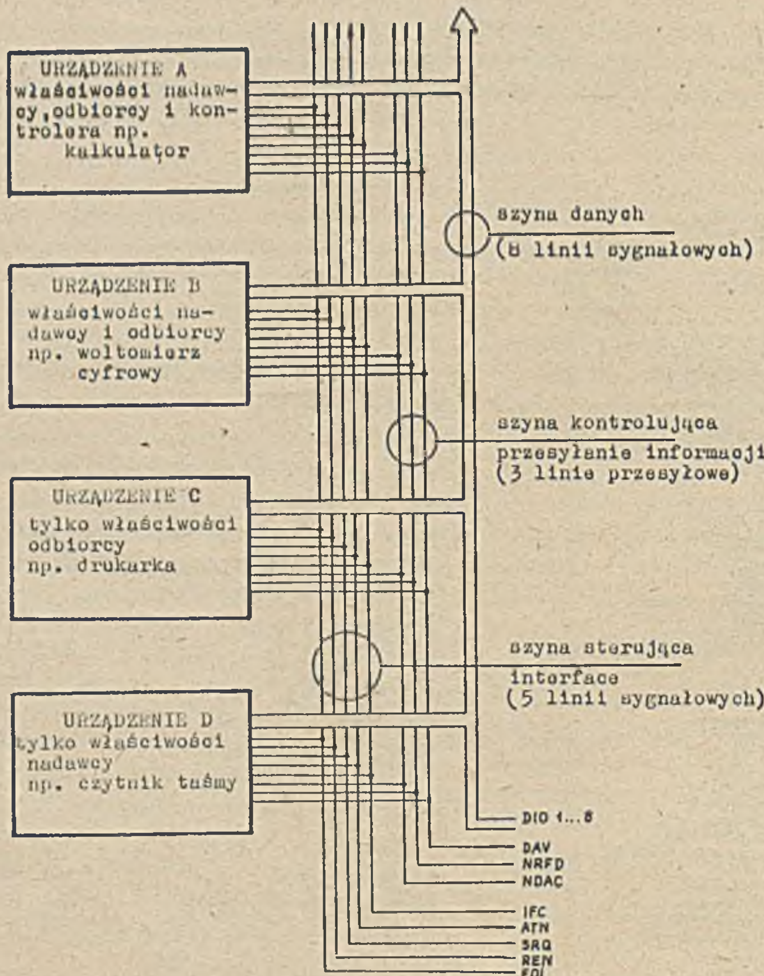
Wprowadzany system sprzęgu dla aparatury pomiarowej, zgodnie z jego nazwą, powinien być traktowany jako system sprzęgu dla programowalnych instrumentów, a więc znacznie szerzej. Ma on wiele cech, które predystynują go do stosowania we wszystkich programowalnych środkach automatyzacji pomiarów i automatyzacji procesów technologicznych.

Wprowadzany system sprzęgu (rys. 2) zapewnia liniową strukturę kojarzenia ze sobą urządzeń i łączy w sobie szeroki repertuar sterowania kontrahentami szyny sprzęgu, małe koszty technicznej realizacji (przy stosunkowo szybkim sterowaniu) i transmisję danych. Jego zalety w znacznym stopniu wynikają z przyjęcia 16-przewodowej, dwukierunkowej szyny sprzęgu, której nadajniki i odbiorniki są proste i szybkie (TTL) oraz ze starannego wyważenia repertuaru funkcji realizowanych przez układy sprzęgu. Wprowadzono 10 uniwersalnych rozkazów, które odnoszą się do układów sprzęgu, 6 rozkazów adresowania kontrahentów szyny, przy 31 wyróżnionych komunikatach zdalnych i 18 wyróżnionych komunikatach lokalnych. Prowadzi to do wielu możliwych stanów układów sprzęgu, a z tego wynika szeroki repertuar współpracy kontrahentów szyny.

Niskie koszty technicznej realizacji układów sprzęgu wynikają głównie z tego, że proste są nadajniki i odbiorniki linii, i że wszystkie układy mogą być realizowane w technice TTL przy stosunkowo prostych sieciach logicznych. Podzielenie funkcji sprzęgu na 10 wyróżnionych funkcji podstawowych stwarza możliwość doboru kilku z nich, w zależności od potrzeb, w danym urządzeniu. Prowadzi to również do uproszczeń układów należących do bardziej prostych urządzeń.

Pobieżną charakterystykę wprowadzanego systemu sprzęgu należy jeszcze uzupełnić tym, że w ostatnich latach niektórzy wytwórcy półprzewodnikowych układów scalonych podjęli produkcję monolitycznych nadajników i odbiorników linii szyny sprzęgu, a ostatnio oferują monolityczne kompletne układy sprzęgu. Jeden lub dwa mikroukłady (np. Mullard, HEF 4738 V i HEF 4014 B) realizują kompletne funkcje dla realnego programowalnego instrumentu. Koszt wyposażenia instrumentu jest więc niewielki.

Obok technicznych środków wymiany informacji w programowalnych urządzeniach, ważnym zagadnieniem jest struktura informacji przesyłanych za pomocą systemu sprzęgu, czyli zagadnienie kodów i formatów przesyłanych informacji. Unifikacja w tym względzie jest również koniecznością. Doceniając wagę zagadnienia, IEC wydał w czerwcu 1976 r. projekt zaleceń dotyczących kodów i formatów (Code and Format Conventions) a w kwietniu 1978 r. wydał ważne zalecenie według zasady Six Months Rule.



Rys.2.

Wspomniany dokument wprowadza podział informacji przesyłanych sprzęgiem wg poprzednich zaleceń i określa dane pomiarowe, dane programujące, dane statusu, dane monitorowane oraz łańcuchy i bloki danych. Dokument ten, podobnie jak dokument określający system sprzęgu, preferuje zbiór znaków kodu ISO 7 dla przedstawienia wszystkich rodzajów przesyłanych informacji.

Przyjęcie zalecanego systemu sprzęgu i zalecanych kodów i formatów przesyłanych informacji, narzuca szczególną architekturę systemów wykorzystujących te zalecenia. Znaczny repertuar możliwych akcji urządzeń kojarzonych ze sobą w ten sposób, implikuje szczegółowe zasady przypisywania funkcji urządzeniom i zasady ich współpracy.

Architektura systemów pomiarowych

Niskie koszty wyposażenia w standardowe układy sprzęgu aparatów pomiarowych i innych urządzeń programowalnych, pozwalają na wyposażenie programowalnych produktów przemysłu w techniczne środki wymiany informacji. To zaś pozwala na kojarzenie wszystkich tego rodzaju produktów przemysłu w zestawy (systemy), przeznaczone do realizacji określonej klasy zadań. Jest to więc spełnieniem podstawowego warunku harmonijnej i efektywnej automatyzacji badań obiektów będących przedmiotem zainteresowania różnych dyscyplin naukowych i różnych dziedzin wytwórczości. Omówimy ważniejsze zagadnienia tworzenia zestawów urządzeń programowalnych.

Przyjęcie i zastosowanie zalecanego systemu sprzęgu, łącznie z zalecanymi kodami i formatami, prowadzi do możliwości wytwarzania wielu różnorodnych programowalnych urządzeń, które w sposób naturalny i jednocześnie prosty, mogą być integrowane w zestawy (systemy). Dotyczy to różnorodnej aparatury pomiarowej, licznych urządzeń techniki komputerowej (informatyki) i wielu urządzeń realizujących inne funkcje, które wymagane są dla automatyzacji pomiarów i wytwarzania obiektów. Do tych ostatnich możemy zaliczyć wszelkiego rodzaju komory klimatyczne, urządzenia dozujące, stoły współrzędnościowe, wiele odmian napędów itp. Warto dodać, że wiele z tych urządzeń ze swej natury jest urządzeniami programowalnymi, a przy niskich kosztach uzbrojenia każdego urządzenia w układy zalecanego systemu sprzęgu, zrealizowanie tego uzbrojenia nie jest większym problemem technicznym. W wyniku tego powstają warunki do jednolitej automatyzacji pomiarów różnych obiektów i do jednolitej automatyzacji innych środków wytwarzania.

Przyjęcie i zastosowanie zalecanego systemu sprzęgu wraz z kodami i formatami przesyłanych informacji, do realizacji różnorodnych programowalnych urządzeń, wyznacza pewną szczególną architekturę systemów pomiarowych i systemów automatyzacji wytwarzania obiektów. W znacznym stopniu wynika to z właściwości tego systemu sprzęgu i z przyjęcia znaku alfanumerycznego (ISO 7) jako podstawowej jednostki informacji.

Jedną z podstawowych własności zalecanego systemu sprzęgu jest to, że zawiera on integralnie wbudowany mechanizm sąmoczynnego przesyłania informacji między dwoma ustalonymi kontrahentami szyny sprzęgu. Mechanizm ten, zwany cyklem współpracy (handshake), pozwala na przesyłanie ciągów znaków alfanumerycznych między tzw. inicjatorem współpracy a tzw. akceptorem współpracy, dwoma kontrahentami szyny sprzęgu, bez udziału jakiegokolwiek urządzenia sterującego. Same układy sprzęgu zapewniają przesyłanie informacji. Prowadzi to do możliwości wydawania i przyjmowania informacji przez ustalonych kontrahentów zestawu urządzeń, bez udziału jakiejkolwiek akcji kontrolera zestawu. W dodatku, jeśli wydawana informacja jest wyrażona w ustalonych kodach i formatach, to staje się wprost wiadomością, która może być spożytkowana przez przyjmującego ją akceptora współpracy.

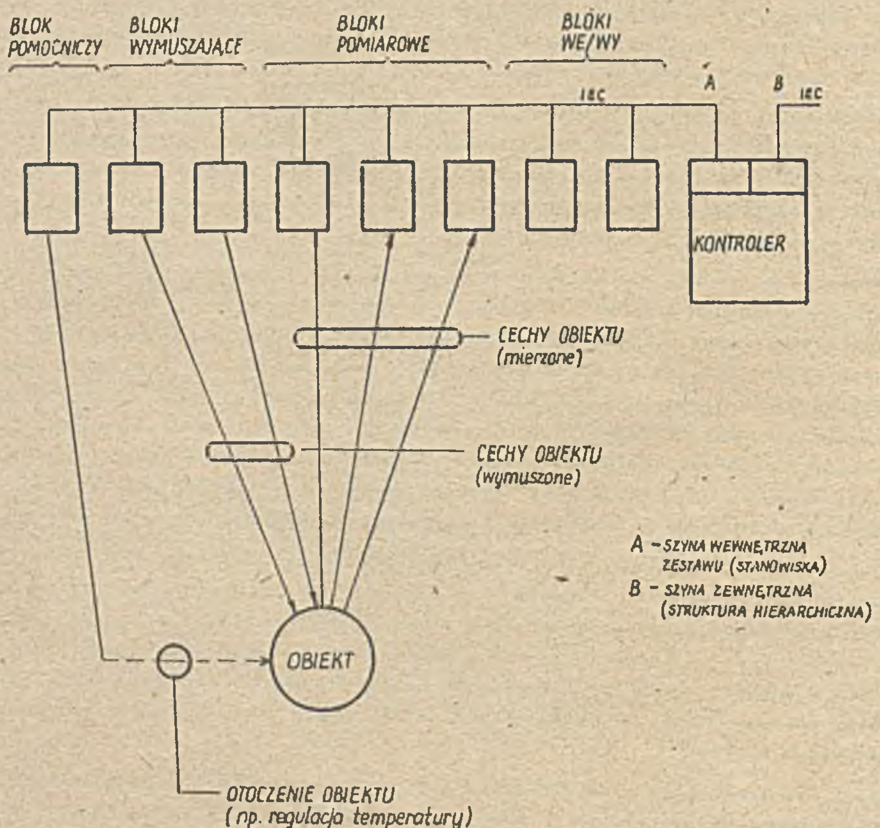
Przykładem wykorzystania cyklu współpracy i ustalonych kodów i formatów, może być współpraca woltomierza cyfrowego lub cyfrowego multimetru ze sprzężoną z nim drukarką znakową. Przez proste połączenie tych dwóch urządzeń, wykonane za pomocą standardowego kabla, woltomierz może stać się inicjatorem współpracy i źródłem informacji, zaś drukarka znakowa akceptorem współpracy i odbiorcą informacji, którą w odpowiedni sposób przedstawia za pomocą znaków alfanumerycznych. Człowiek odbierający ten ciąg znaków alfanumerycznych, traktuje go wprost jako wiadomość, to znaczy rozumie znaczenie tego ciągu znaków.

Cykl współpracy, jako integralna właściwość systemu sprzęgu, w prosty sposób pozwala tworzyć najprostsze zestawy urządzeń wyposażonych w układy tego sprzęgu. Przykładem mogą być proste stanowiska do przygotowywania danych, które wykorzystują typowe urządzenia techniki komputerowej, lecz uzbrojone w standardowe układy sprzęgu. Zestawy tych urządzeń nie wymagają organizowania współpracy przez działanie odpowiedniego kontrolera. Jest to słuszne, jeśli do zadań stanowiska nie należy redagowanie danych.

Zajmijmy się jednak systemami pomiarowymi. Praktyczne realizacje automatyzacji procesów pomiarowych uzyskiwane są przez tworzenie zestawów zawierających co najmniej kilka aparatów pomiarowych, kilka urządzeń techniki komputerowej oraz kilka urządzeń wykonujących funkcje uzupełniające. Integracja działań wszystkich urządzeń wchodzących do praktycznego zestawu, którego celem jest realizowanie przewidzianego procesu pomiarowego lub innego procesu, wymaga już zapewnienia przetwarzania informacji. Zakres przetwarzania informacji tworzonych wewnątrz przewidzianego zestawu urządzeń, może być silnie zróżnicowany. Zależy on bowiem od liczby skojarzonych urządzeń, stopnia ich programowalności oraz od struktury i organizacji przewidzianego procesu pomiarowego lub innego procesu. Tego rodzaju proces może polegać jedynie na złożeniu funkcji skojarzonych urządzeń pomiarowych, uzupełniających i prostych urządzeń techniki komputerowej, lecz może również polegać na złożeniu tych funkcji z udziałem przetwarzania informacji, na przykład procedur obliczeniowych. Zakres przetwarzania informacji może być więc istotnie różny.

Urządzenie należące do zestawu, które realizuje integrację działań wszystkich skojarzonych urządzeń o z góry wyznaczonych funkcjach, często nazywamy kontrolerem zestawu lub kontrolerem sy-

tomu. Integracja działań wszystkich skojarzonych urządzeń dokonywana jest zwykle przez sterowanie zestawem, a sterowanie to może być skutkiem prostych sekwencji wyrażeń pewnego języka, zrozumiałego przez zaintegrowane urządzenia lub może być skutkiem przetwarzania informacji, którego wynikiem jest odpowiednia sekwencja wyrażeń tego języka. Na ogół kontrolerem zestawu jest odpowiedni procesor. Repertuar funkcji procesora może być bardzo zróżnicowany w zależności od jego roli w zestawie i w zależności od struktury procesu sterowanego. Typowy sposób powiązania kontrolera z zestawem pokazano na rys. 3.

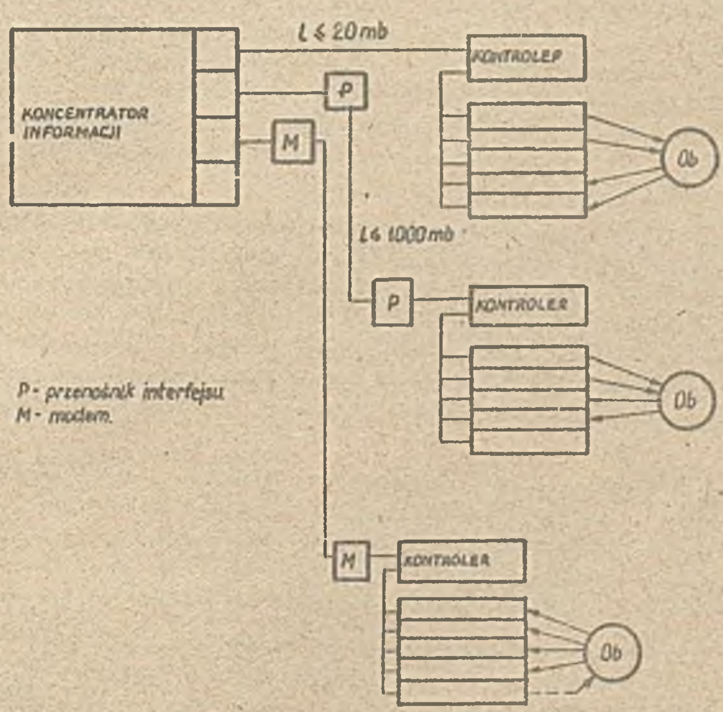


Rys. 3.

Zestawy aparatury pomiarowej, urządzeń pomocniczych i urządzeń techniki komputerowej, realizowane przez zestawianie urządzeń wykonujących względnie proste funkcje z wykorzystaniem zalecanego systemu sprzęgu i zalecanych kodów i formatów, charakteryzują się między innymi znaczną uniwersalnością. W zależności od potrzeb mogą być one przekonfigurowywane i uzupełniane dalszymi urządzeniami. Właściwość tę łatwo spostrzega wielu, początkowo sceptycznie nastawionych użytkowników. Mogą oni bez większego wysiłku przekonfigurowywać posiadane zestawy, aby je przystosować do zmieniających się potrzeb. Skutkiem tego użytkownicy, którzy uzyskali tego rodzaju stanowiska do badań wytwarzanych obiektów, dążą do rozszerzania swego wyposażenia przez zakupy dodatkowych urządzeń i do zwiększania liczby posiadanych stanowisk. Spostrzegają również dogodność metod i środków programowania takich zestawów. W pewnym momencie użytkownicy dostrzegają potrzebę kojarzenia pracujących zestawów w większe systemy, przeważnie hierarchiczne, pozwalające na zwiększenie operatywności sprzętu, którym dysponują i na pewną koncentrację jednostkowych informacji, tworzonych przez procesy realizowane w ramach każdego pracującego stanowiska. Jest to wyrazem naturalnego rozwoju architektury systemów, przeznaczonych do pomiarów obiektów w toku przemysłowego wytwarzania i już dzisiaj można wskazać przykłady takich tendencji i realizacji.

W architekturze hierarchicznych systemów dla różnorodnych pomiarów obiektów, w toku przemysłowego wytwarzania, na ogół zakłada się częściową lub zupełną autonomię działania zestawów spełniających rolę stanowisk technologicznych. Chodzi bowiem o zapewnienie możliwie daleko posuniętej niezależności tych stanowisk od struktur nadrzędnych, w celu zmniejszenia skutków ewentualnych uszkodzeń i w celu zmniejszenia trudności związanych z często występującą potrzebą synchronizowania pracy stanowisk z innymi urządzeniami, np. z urządzeniami transportującymi obiekty. Bez wątpienia, synchronizacja na poziomie stanowiska jest łatwiejsza od synchronizacji w ramach wielopoziomowej struktury systemu hierarchicznego, która i tak wymaga użycia środków programowania z uwzględnieniem zależności czasowych (real time programming).

Założenie, że zestaw pełniący funkcje stanowiska technologicznego jest sterowany przez lokalnie działający program, jest przyczyną tylko chwilowego przesyłania informacji między stanowiskami i strukturą nadrzędną. Pewne utrudnienia w przesyłaniu informacji wynikają z tego, że zajętość wewnętrznego odcinka szyny sprzęgu stanowiska, spowodowana działaniem tego stanowiska, utrudnia lub uniemożliwia komunikację lokalnego kontrolera z urządzeniami należącymi do struktury nadrzędnej. Dodatkowym utrudnieniem jest ograniczenie długości jednego spójnego odcinka szyny sprzęgu, które dla zalecanego sprzęgu wynosi maksymalnie 20 metrów bieżących. Skutkiem tego, w architekturze systemów wykorzystujących zalecany system sprzęgu i tworzących struktury hierarchiczne, dąży się do wyposażenia kontrolerów zestawów (lokalnych) w co najmniej dwa kanały uzbrojone w standardowe układy sprzęgu. Jeden z nich jest wykorzystywany do sprzęgu wewnątrz stanowiska, a drugi do sprzężenia kontrolera lokalnego z urządzeniami struktury wyższego poziomu. Sprzężenie to przeważnie realizowane jest według zasad wynikających ze standardowego sprzęgu i standardowych kodów i formatów przesyłanych informacji (rys. 4). W praktyce jednak, ograniczona długość jednego spójnego odcinka szyny sprzęgu, jest istotną przeszkodą w technicznych realizacjach sprzężeń między



Rys. 4.

strukturami. W praktyce bowiem struktury hierarchiczne tworzone są w ten sposób, że stanowiska należące do całego zakładu lub jednego wydziału, objęte są działaniem wspólnego systemu nadrzędnego który ma sprzężenia ze wszystkimi stanowiskami. Skutkiem tego, rzeczywiste odległości stanowisk, promieniście usytuowanych w stosunku do systemu nadrzędnego, znacznie przekraczają 20 metrów. Po-

ciąga to za sobą potrzebę stosowania urządzeń pośredniczących, czasem nazywanych przenośnikami interfejsu (interface carrier), które zazwyczaj pozwalają na zwiększenie długości połączeń do 1 km przy umiarkowanym zmniejszeniu szybkości przesyłania informacji. Przy większych odległościach między systemem nadrzędnym a stanowiskami, zazwyczaj stosuje się standardowe urządzenia transmisji danych (modemy).

Rola nadrzędnych systemów w strukturach hierarchicznych zazwyczaj polega na realizowaniu funkcji koncentratora informacji. Sprowadzają się one do centralnego wydawania programów przeznaczonych dla poszczególnych stanowisk i do zbierania wybranych informacji, często wyników wybranych pomiarów, które powstają przez wykonywanie procesów pomiarowych. Jest to typowe działanie na bieżąco, które przeważnie wymaga wykorzystywania odpowiednich technik programowania koncentratora informacji. Czasem zadaniem koncentratora informacji jest wspomaganie stanowiska technologicznego, np. dla lokalizacji niesprawności badanego obiektu. Bardzo często zadaniem koncentratora informacji jest analiza uzyskanych zbiorów wyników badania wielu obiektów, zwykle dokonywana po upływie ustalonego odcinka czasu, przeważnie wykorzystywana do oceny procesu technologicznego.

Koncentratorami w systemach hierarchicznych, przeznaczonych do złożonych badań obiektów fizycznych, przeważnie są systemy minikomputerowe o stosunkowo dużej mocy obliczeniowej.

W architekturze systemów badania obiektów fizycznych występuje często problem optymalizacji struktury zestawów ze względu na konflikt zapotrzebowania i istniejących ograniczeń w szybkości transmisji wewnątrz zestawu. Często bowiem istnieje potrzeba projektowania zestawów dla takich pomiarów, które wymagają dużej intensywności strumienia informacji. Np. takie potrzeby występują przy pomiarach złożonych struktur logicznych (zmontowanych modułów urządzeń cyfrowych lub układów wielkiej skali integracji), których badania wymagają wyznaczenia niejednokrotnie setek tysięcy stanów, przy silnych uwarunkowaniach czasowych. Dla takich zastosowań, typowa szybkość transmisji nawet najszybszych systemów sprzęgów komputerowych (1 ÷ 3 Mbajt/s) jest zbyt mała, gdyż wymagane szybkości są ok. 8 x 10 Mbajt/s lub więcej. Oznacza to, że dla takich zastosowań szybkość transmisji informacji przez szynę sprzęgu jest silnym ograniczeniem, które zmusza do szukania innego rozwiązywania struktury zestawów.

Dla tego rodzaju zastosowań systemów pomiarowych jedynym rozwiązaniem jest przyjęcie zasady decentralizacji przetwarzania informacji (distributed intelligence, distributed computing), która polega na powierzeniu wybranym blokom zestawu części wymaganego przetwarzania informacji, właściwego dla danego zastosowania. Dla wspomnianych wyżej zastosowań, np. dla pomiarów mikroukładów LSI, tworzy się zwykle specjalne bloki zestawu, które za pomocą technik mikroprogramowania przetwarzają instrukcję przesyłaną standardowym sprzęgiem na wymagany ciąg sygnałów wymuszanych na obiekcie i na wymagany ciąg sygnałów służących porównaniu obserwowanych stanów z wzorcem (umownym) obiektu.

Zasada decentralizacji przetwarzania informacji w systemach pomiarowych jest często stosowana w celu przystosowania zestawu do właściwości obiektu badanego. Często też jest stosowana w celu zapewnienia kompletności funkcji realizowanych przez poszczególne bloki zestawu. Jest to jeden z ważniejszych problemów architektury systemów w ogóle, a systemów pomiarowych w szczególności. Wiąże się z tym również problem lepszego wykorzystania standardowego systemu sprzęgu.

Z architekturą systemów automatyzujących pomiary wiąże się wiele zagadnień dotyczących programowania, np. programowanie struktur podstawowych (zestawów, stanowisk) oraz programowanie struktur hierarchicznych (nadrzędnych). Jest to jednak odrębny temat do opracowania. W tym miejscu warto zwrócić uwagę, że zagadnienie środków programowania systemów pomiarowych wiąże się ściśle z architekturą tych systemów i z metodologią wyodrębniania aparatów realizujących funkcje pomiarowe. Metodologia wyodrębniania funkcji to specyficzny problem metrologii, który często wymaga zdyscyplinowanego rozumowania.

<u>Przykład systemu automatyzacji pomiarów</u>

Przykładem praktycznego rozwiązania środków automatyzacji pomiarów, z pełnym wykorzystaniem ak-

tualnych zaleceń i aktualnych tendencji w architekturze takich systemów, może być system MST-1, realizowany od roku 1975 w UNITRA UNIMA.

Cechą charakterystyczną systemu MST-1 jest modułowość organizacji, oprogramowania i technicznych środków realizacji bloków (urządzeń pomiarowych i innych). Ponadto system ten jest kompatybilny z systemem firmy Hewlett Packard (HPIB).

Istota tego systemu polega na wyodrębnieniu aparatów pomiarowych i wymuszających, realizujących podstawowe funkcje metrologiczne oraz na wyodrębnieniu urządzeń pomocniczych i urządzeń techniki komputerowej, realizujących względnie proste funkcje. Każde z wyodrębnionych urządzeń wyposażone jest w zalecane układy sprzęgu, a przesyłane informacje są zgodne z konwencją o kodach i formatach.

System ten wykorzystuje standardowe płytki drukowane, obudowy przyrządowe, szafy, kable i zasady łączenia. Ponadto w MST-1 wykorzystywane są standardowe układy sprzęgu i układy zasilania. Zasilacze i tabele połączeń projektowane są za pomocą systemów przetwarzania informacji. Do chwili obecnej (1979 r.) opracowano i zrealizowano około 40 typów urządzeń w tym systemie. Z urządzeń tych powstały liczne zestawy pracujące u użytkowników, m.in.:

- MST-1/MSI 24 - do badań stałoprądowych mikroukładów cyfrowych, 1977 (rys. 4a, 4b),
- MST-1/AF - do badań wzmacniaczy małej częstotliwości, 1977 (rys. 4c),
- MST-1/TVC - rodzina zestawów do badań i regulacji modułów i bloków odbiornika telewizji kolorowej, 1978,
- MST-1/DA - do badań nieelektrycznych obiektów (badania naukowe), 1974 (rys. 4d).

Podstawowe schematy blokowe wybranych zestawów pokazano na rys. 4 a przykład programu w języku ULAN-1 na rys. 5. ULAN-1 jest podstawowym językiem klasy assemblera systemowego.

Kompatybilność MST-1 z HPIB wymaga szczególnego podkreślenia. W systemie tym przyjęto, że zachowana być musi pełna kompatybilność z HPIB, we wszystkich aspektach tego zagadnienia*. Jest to niezmiernie ważna właściwość systemu, która przy aktualnej dominacji firmy HP pozwala na wiele udogodnień.

W dalszym ciągu prowadzone są prace nad rozwojem aparatury pomiarowej w tym systemie, dla różnych pomiarów przemysłowych oraz nad wykorzystaniem systemu MST-1 do realizacji urządzeń sterujących różnego rodzaju agregatami technologicznymi (urządzeniami technologicznymi). Jest to ważny problem i ważny kierunek automatyzacji urządzeń technologicznych, kierunek oparty na jednolitej zasadzie sprzęgania programowalnych urządzeń różnego rodzaju, często z udziałem serwomechanizmów i aparatury pomiarowej. Przykładem takiego wykorzystania MST-1 może być projektowany obecnie zestaw do tzw. laserowej korekcji funkcjonalnej elementów hybrydowych (cienkowarstwowych).

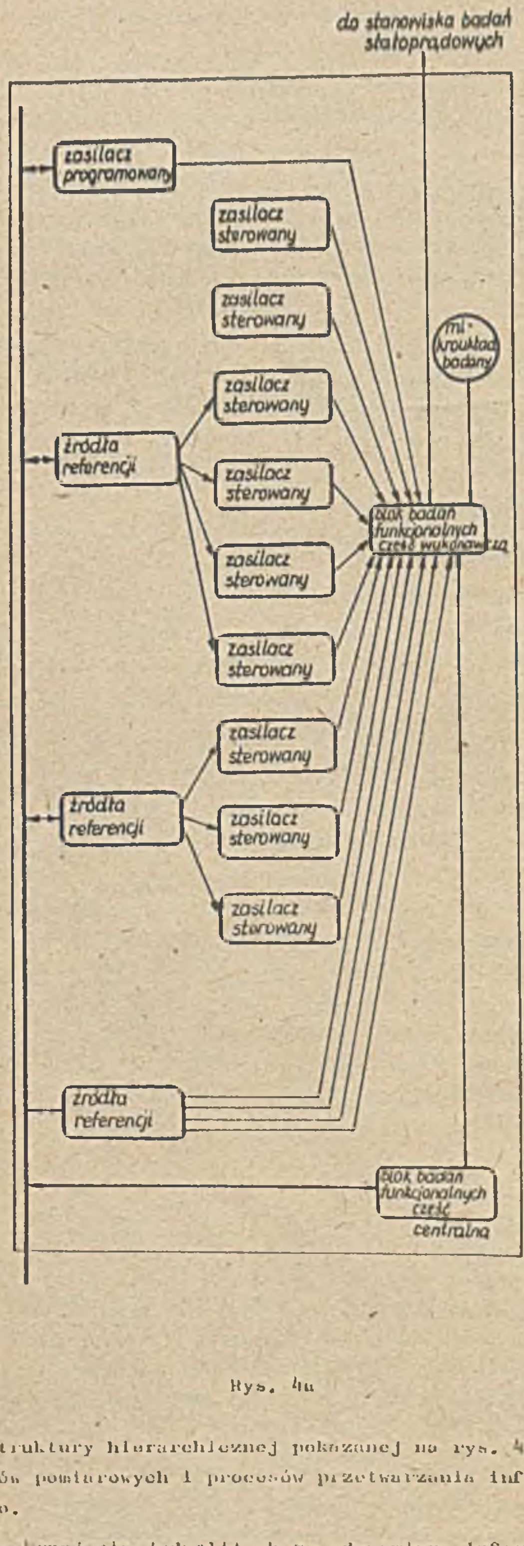
Pomiary technologiczne a sterowanie produkcją

Automatyzacja pomiarów w toku wytwarzania różnorodnych obiektów, np. zespołów i urządzeń elektronicznych, widziana kompleksowo na tle procesu technologicznego, daje możliwość obserwowania przebiegu aktywnego procesu technologicznego. Jest to spełnieniem jednego z warunków kompleksowego sterowania produkcją. Jeśli w dodatku w automatyzacji pomiarów technologicznych wykorzystuje się jednolite zasady wymiany informacji (sprzęg wg IEC), to zagadnienie obserwacji przebiegu procesu technologicznego może być zrealizowane za pomocą względnie prostych, a na pewno uniwersalnych środków technicznych i programowych.

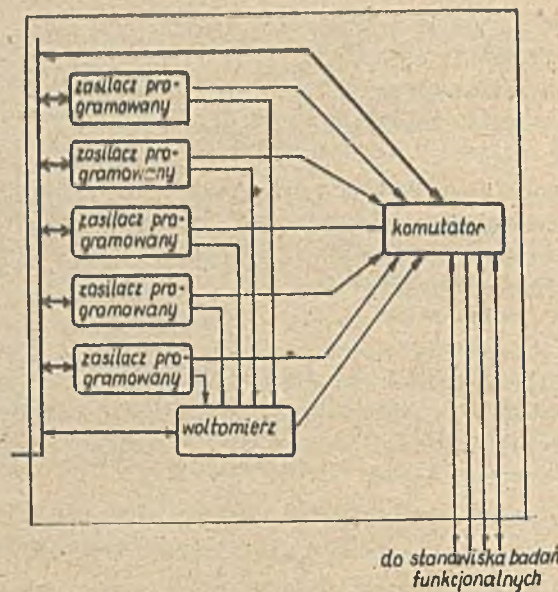
Jeśli założymy, że linia technologiczna montażu pewnego urządzenia elektronicznego, np. modułowego odbiornika telewizji kolorowej, składa się z pewnych ciągów montażowych modułów i bloków a każdy ciąg technologiczny jest zakończony technologicznym stanowiskiem pomiarowym, to uzyskujemy

---

* W ostatnich miesiącach firma Hewlett Packard o HPIB pisze: "nasza implementacja IEEE Standard 488-1975", co jest pewnym ostrzeżeniem przed niebezpieczeństwem niepełnej kompatybilności z innymi wytwórcami.



Rys. 4a

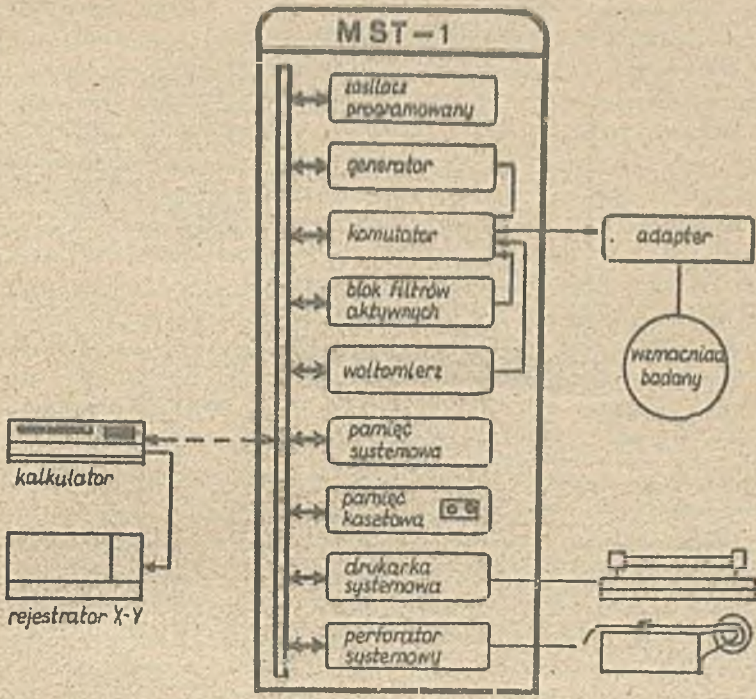


Rys. 4b

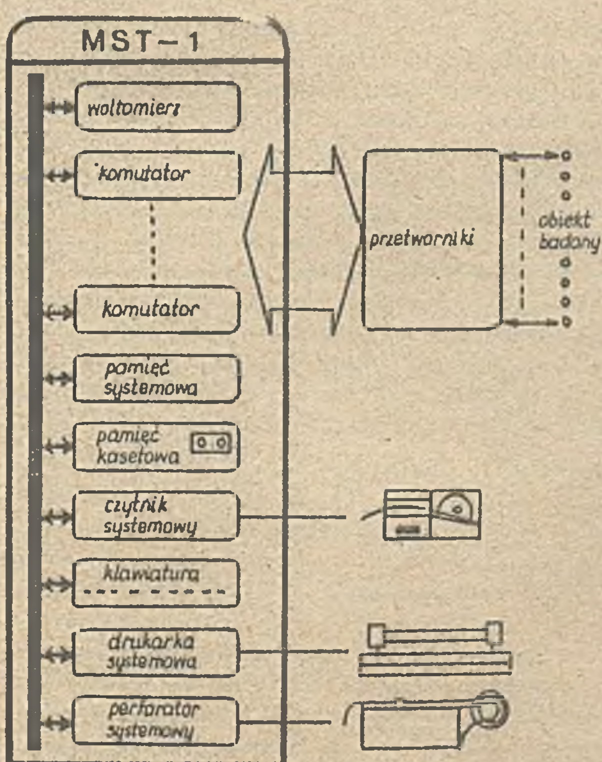
możliwość wykorzystywania tych stanowisk do uzyskiwania informacji o wynikach działania ciągów montażowych. W stanie aktywnym procesu montażowego mamy bowiem taką sytuację, że zmontowane moduły i bloki wchodzą na stanowiska pomiarowe celem sprawdzenia ich funkcji i parametrów. Skutkiem tego na każdym stanowisku pomiarowym, w sposób naturalny, powstają informacje o częstotliwości sprawdzania modułów i bloków oraz o właściwościach każdego z ni .. Prowadzi to wprost do możliwości wykorzystywania tego rodzaju informacji do śledzenia i oceny dynamicznego zachowania się procesu technologicznego. Warunkiem śledzenia i oceny procesu jest jednak zapewnienie możliwości zdalnego przekazywania tego rodzaju informacji - od automatycznych stanowisk pomiarowych do koncentratora informacji. Istnieje więc potrzeba stosowania odpowiedniej struktury hierarchicznej.

Jeśli założyć, że stanowiska pomiarowe należące do ciągów technologicznych w danym procesie, realizowane są według struktury pokazanej na rys. 3, to uzyskujemy możliwość korzystania ze struktury hierarchicznej pokazanej na rys. 4, opartej na uniwersalnych środkach realizacji procesów pomiarowych i procesów przetwarzania informacji dla śledzenia i oceny procesu technologicznego.

Przyjęcie jednolitych zasad wymiany informacji dla całej struktury hierarchicznej stwarza znaczne ułatwienia zarówno od strony kompletowania urządzeń wchodzących w zestawy pomiarowe, w tym wypadku w stanowiska pomiarowe oraz od strony kompletowania urządzeń tworzących strukturę hierarchiczną - sprzężenia stanowisk z koncentratorem informacji. Znaczne korzyści powstają również w dziedzinie programów użytkowych egzekwowanych na poziomie stanowiska i koncentratora.



Rys. 4c

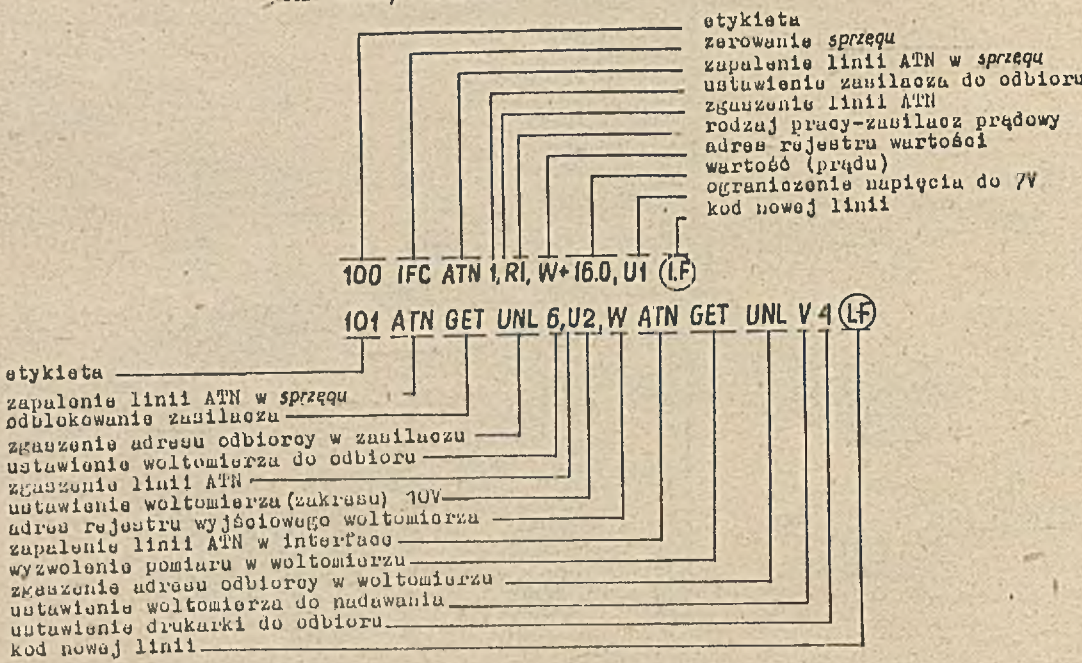


Rys. 4d

Modułowość stanowisk pomiarowych pozwala na łatwe kompletowanie ich funkcji przez dobór odpowiednich aparatów pomiarowych i przez przygotowanie odpowiedniego programu, egzekwowanego za pomocą kontrolera stanowiska. Jednolitość środków wymiany informacji, jednolitość kontrolerów zestawów oraz ich stosowanie we wszystkich stanowiskach, pozwalają na posługiwanie się wspólnymi środkami programowania (np. off line). Pozwalają też na zapewnienie autonomicznego wykonywania programu w każdym stanowisku, co jest wygodne dla naturalnego toku produkcji i wygodne z punktu widzenia użytych środków programowych na poziomie stanowiska. Taka struktura stanowiska pozwala na autonomiczne działanie, niezakłócane nawet wtedy, gdy koncentrator informacji jest nieaktywny, gdyż zależność kontrolera stanowiska od koncentratora informacji jest minimalna i może być łatwo usunięta za pomocą alternatywnego segmentu programu kontrolera stanowiska. W rezultacie uzyskuje się możliwość niezależnej pracy wszystkich stanowisk pomiarowych przy prostej strukturze programów użytkowych stanowisk.

Zagadnienie koncentratora informacji przedstawiliśmy w rozdziale "Architektura systemów pomiarowych". W tym miejscu możemy jedynie uzupełnić,

JAK WYGLĄDA FRAGMENT PROGRAMU



Rys. 5

że rola koncentratora w stosunku do procesu technologicznego może polegać jedynie na zbieraniu informacji pochodzących ze stanowisk i na wypracowywaniu bieżących raportów lub też może polegać na oddziaływaniu wyników akcji programów koncentratora na proces technologiczny. Od roli koncentratora informacji wobec procesu technologicznego będzie uzależniona wymagana moc obliczeniowa koncentratora i zakres użytych ogólnych środków programowania. Zbieranie informacji pochodzących z niezależnie pracujących stanowisk pomiarowych wymaga względnie małej mocy obliczeniowej, lecz wymaga dysponowania względnie szybkim procesorem systemu koncentratora i takim aparatem programowym, który zapewnia możliwość łatwego tworzenia procedur obsługi przerwań pochodzących od akcji kontrolerów stanowisk, ogólnie rzecz biorąc, synchronizacji procesów przetwarzania informacji zachodzących w koncentratorze z niezależnymi procesami zachodzącymi w stanowiskach. Oznacza to potrzebę dysponowania aparatem programowania z uwarunkowaniami w czasie. Wypracowywanie bieżących raportów na podstawie zebranych informacji wymaga, na ogół, dysponowania klasycznym aparatem programowania - odpowiednim językiem algorytmicznym. Oddziaływanie systemu koncentratora na proces technologiczny, wymaga z reguły, podobnych środków programowych lecz większej mocy obliczeniowej.

Utworzenie tego rodzaju struktury dla konkretnego procesu technologicznego, w aktualnym stanie technik wykorzystywanych do automatyzacji operacji technologicznych, często opartych na programowym sterowaniu urządzeniami technologicznymi, skłania do potrzeby rozważenia problemu kompatybilności części sterującej urządzeń technologicznych z elementami struktury. Przez zapewnienie kompatybilności programowalnych urządzeń technologicznych względem elementów struktury pozwalającej na obserwację procesu technologicznego za pomocą procesów pomiarowych, możemy uzyskać rozszerzenie repertuaru informacji źródłowych o przebiegu procesu technologicznego, przy użyciu wspólnych i jednolitych środków tworzenia, przesyłania i obróbki informacji. Jest to ważny problem techniczno-organizacyjny i jednocześnie warunek harmonijnego rozwoju automatyzacji procesów technologicznych w przemyśle elektronicznym. Jest to również warunek użytkowania jednolitych pomocy programowych do przygotowywania programów użytkowych dla różnych stanowisk pomiarowych i różnych programowalnych urządzeń technologicznych.

W chwili obecnej można uważać, że wprowadzenie zalecanego systemu sprzęgu do praktyki realizacji różnorodnych urządzeń programowalnych stanie się podstawą znacznego rozwoju tych urządzeń i przyczyną kompleksowej automatyzacji procesów technologicznych. Warto zwrócić uwagę, że ostatnio coraz częściej w publikacjach krajów wysoko rozwiniętych, o wspomnianym systemie sprzęgu mówi się "system interface'u ogólnego przeznaczenia" (General Purpose Interface Bus). Ze źródeł amerykańskich wynika, że system ten przyjął prawie cały przemysł aparatury pomiarowej i firmy zajmujące się programowalnymi serwomechanizmami i systemami sterowania obrabiarkami programowalnymi. Wynika z tego, że w najbliższym czasie należy spodziewać się również spontanicznego wykorzystywania tych zasad wymiany informacji w wielu programowalnych urządzeniach technologicznych, szczególnie w sytuacji, w której skutkiem rozwoju technik mikroprocesorowych następuje silny rozwój programowalnych urządzeń technologicznych. Taki rozwój wykorzystania wspomnianego systemu sprzęgu powinien skłonić poszczególne branże przemysłu elektromaszynowego do przedsięwzięcia właściwych działań w tym względzie, tak aby możliwie szybko znaleźć się w głównym nurcie rozwoju aparatury pomiarowej i innych urządzeń programowalnych, przez informatyzację tych urządzeń i aby stwarzać warunki do harmonijnego rozwoju automatyzacji procesów technologicznych.

Jednak z praktyki realizacji podobnych przedsięwzięć wynika, że kompleksowa realizacja wzajemnie uzupełniających się urządzeń, w tym wypadku modułów złożonych struktur, może być osiągnięta w technicznie silnych i organizacyjnie zwartych organizmach gospodarczych. Często bowiem istniejące bariery organizacyjne, niedostatki poziomu technicznego i nierównomierność poziomów technicznych różnych współpracujących organizmów gospodarczych, bardzo znacznie ograniczają możliwość prowadzenia szerokiego programu realizacji wielu urządzeń, kompatybilnych względem siebie. Takie zjawiska obserwuje się obecnie, np. wśród użytkowników omawianego systemu sprzęgu. Wielu z nich bowiem w sposób odrębny interpretuje powszechnie znane zalecenia IEC, często wręcz uniemożliwiając współpracę urządzeń. Z doświadczeń tych należy wyciągnąć właściwe wnioski podejmując zagadnienie profilowania cząstkowych prac konstrukcyjnych, których łączny rezultat ma dać środki automatyzacji procesów technologicznych w przemyśle elektromaszynowym w ogóle, a w przemyśle elektronicznym w szczególności.

Uzupełnienie

W powyższym opracowaniu autor starał się pokazać Czytelnikowi aktualne kierunki i tendencje w dziedzinie automatyzacji pomiarów w przemyśle, głównie w przemyśle elektronicznym. Krajowy przykład realizacji tych tendencji, system MST-1, przedstawiono pobieżnie, kierując się tym, że jest on wykorzystywany głównie do celów technologicznych w Zjednoczeniach UNITRA-ELEKTRON i UNITRA-DOM i z tego względu nie może być systemem ogólnie dostępnym, aczkolwiek posiada walory ogólności rozwiązań. Z punktu widzenia bodajże większości Czytelników istotne jest tylko to, że taką pracę podjęto w kraju i uzyskano zadowalające wyniki oraz to, że już obecnie można mówić o istnieniu w kraju znaczących doświadczeń metodologicznych i technicznych w wykorzystywaniu aktualnych zaleceń międzynarodowych w dziedzinie automatyzacji pomiarów. Wiele bowiem przemawia za tym, że już w niedalekiej przyszłości zostaną wprowadzone odpowiednie normy krajowe, a to zapewne będzie wyznaczało kierunki rozwoju tej dziedziny w ogóle. Zgromadzone doświadczenia mogą okazać się więc ogólnie przydatne.

mgr inż. Grzegorz SZYMSIAK
Instytut Maszyn Matematycznych

Wprowadzenie do systemów transmisji i teleprzetwarzania informacji

Wstęp

Możliwości współczesnych komputerów są bardzo duże. Ich moc obliczeniowa stale rośnie. Coraz większe i bardziej skomplikowane są też systemy przetwarzania informacji. Rośnie także ilość danych w nich zgromadzona. W jakim więc stopniu aktualna jest informacja zgromadzona w komputerze, jak można zmniejszyć czas między zaistnieniem zjawiska, jego zarejestrowaniem w systemie, a otrzymaniem z systemu zaktualizowanej informacji. Obecne komputery mają tak dużą szybkość przetwarzania danych, że czas przetwarzania stanowi znikomą część całkowitego czasu obiegu informacji w systemie. Zasadniczą część tego czasu zajmuje dostarczenie danych wejściowych i dystrybucja wyników.

Rosnące zapotrzebowanie na zdalne zbieranie informacji i zdalny, szybki dostęp do wyników przetwarzania w komputerze stały się bodźcem rozwoju dziedziny telekomunikacji zwanej teledacją czyli transmisją danych. Na określenie całokształtu zagadnień związanych z przetwarzaniem dostarczanej zdalnie informacji i wysyłaniem na odległość wyników przetwarzania używamy często terminu "teleprzetwarzanie".

Sprzęt teleprzetwarzania w konfiguracji komputera

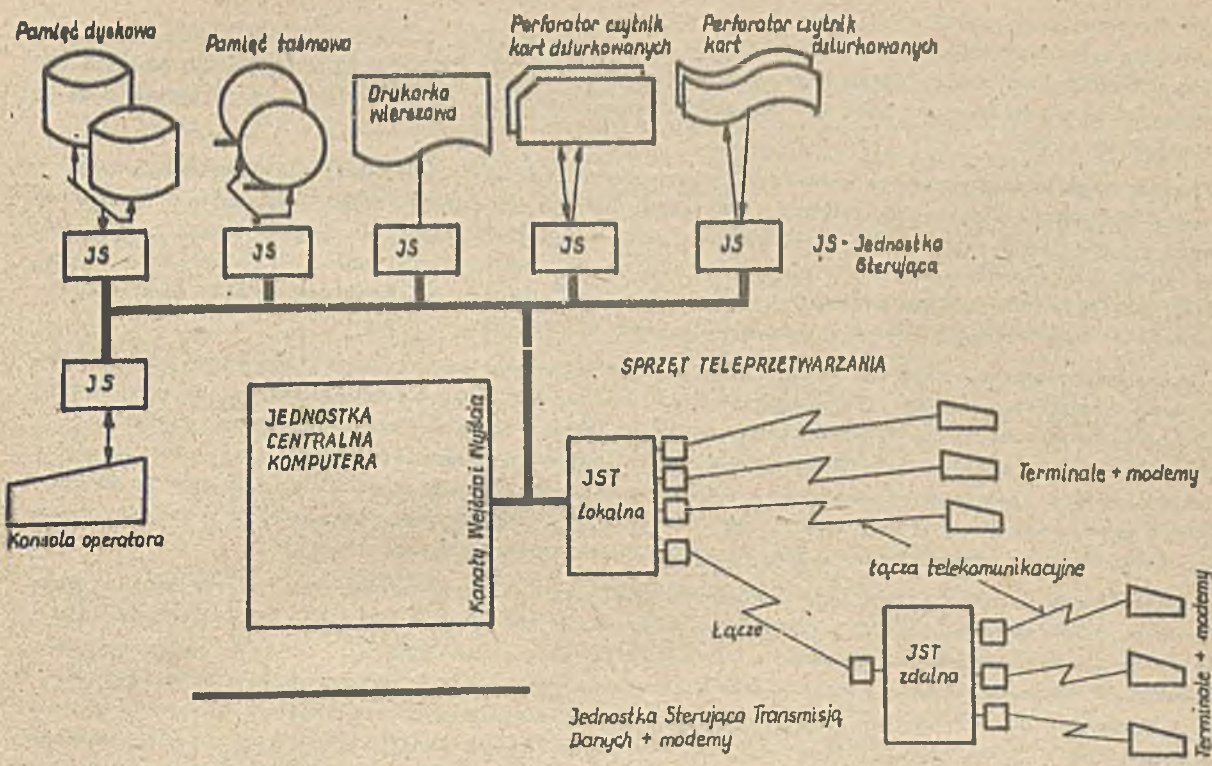
Lokalne urządzenia zewnętrzne współpracują z kanałami komputera przez styk (interfejs) wieloprzewodowy, w którym osobne przewody służą do przesyłania danych i do podawania adresu urządzenia oraz przeróżnego sterowania. Taka struktura styku umożliwia przesyłanie danych z dużą szybkością. Duża liczba przewodów w lokalnym, kilkunastometrowym połączeniu umożliwia znaczne zwiększenie szybkości przepływu danych.

Inaczej wygląda sytuacja przy transmisji danych na duże odległości. Nie można do tych celów budować specjalnych linii. Taniej jest wykorzystywać istniejące łącza telekomunikacyjne. Zajmowanie osobnych łączy na sterowanie i na dane byłoby zbyt kosztowne, tym bardziej, że nie zostałyby one w pełni wykorzystane. Dlatego w teledacji używa się pojedynczych łączy, stosuje się specjalne styki z urządzeniami. Dane transmituje się szeregowo, bit po bicie, a sygnały sterujące przesyłane są na przemian z danymi po tym samym łączu. Taki sposób transmisji ogranicza w istotny sposób szybkość przepływu informacji. Szybkości te są całkowicie wystarczające dla takiego źródła i odbiornika danych jakim jest człowiek - w tym wypadku operator terminala czyli końcówki zdalnego dostępu do komputera, natomiast komputer jest w stanie nadążyć z obsługą znacznej nawet liczby podłączonych do niego terminali (często ponad 100).

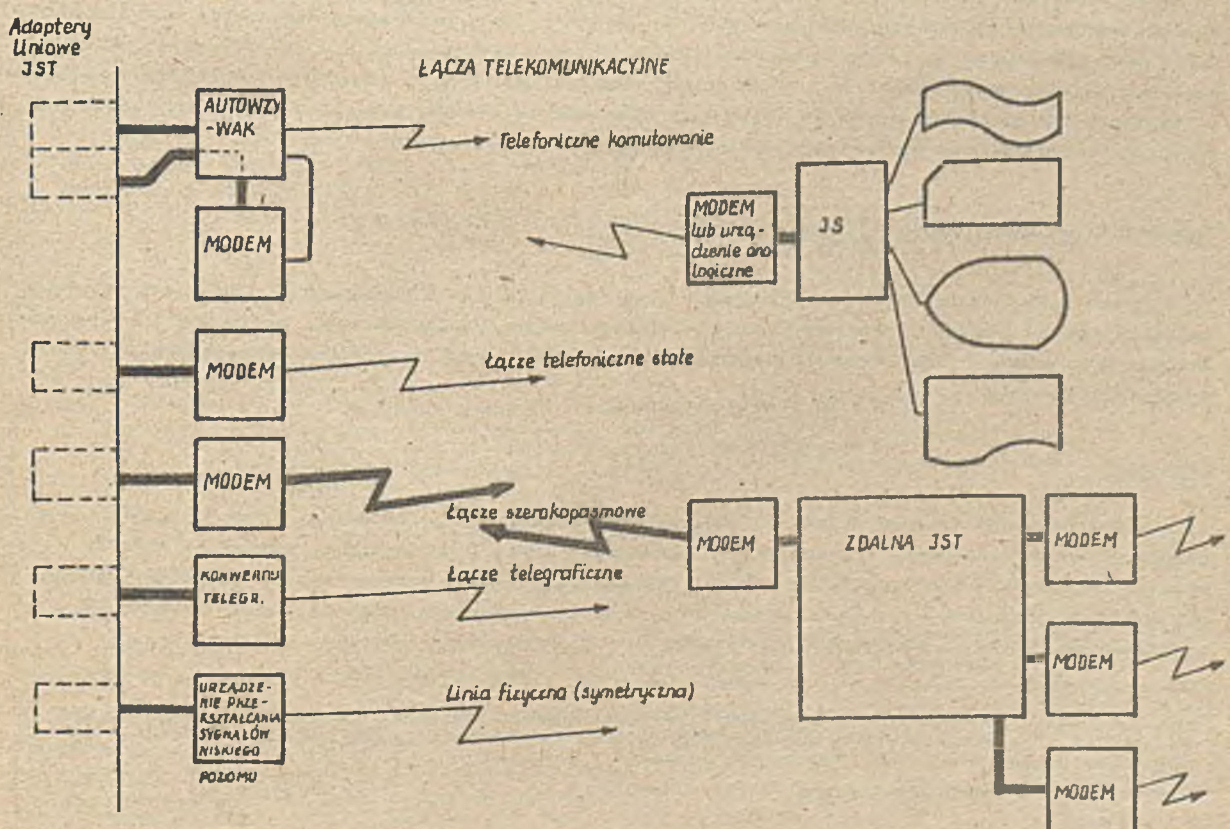
Każde współpracujące z komputerem urządzenie ma odpowiedni adapter interfejsu czyli jednostkę sterującą umożliwiającą połączenie tego urządzenia z kanałem wejścia/wyjścia komputera. Podobnie jest i z linią telekomunikacyjną. Musi ona mieć specjalną jednostkę przystosowaną do specyficznych potrzeb teledacji. Rys. 1 pokazuje przykład konfiguracji komputera wyposażonego w sprzęt teleprzetwarzania.

Łącza telekomunikacyjne

Do celów transmisji danych wykorzystuje się zazwyczaj standardowe łącza telefoniczne lub telegraficzne. Łącze telefoniczne nie jest przystosowane do przesyłania sygnałów cyfrowych. Sygnał cyfrowy musi być przed wysłaniem przetworzony (modulacja) i po przesłaniu przywrócony do poprzedniej postaci (demodulacja). Zestaw modulatora i demodulatora służący do tych celów to modem. Mo-



Rys. 1. Przykład konfiguracji komputera ze sprzętem teleprzetwarzania



dem zawiera dodatkowo pewne układy pomocnicze np. synchronizujące, badające stan współpracujących z nim urządzeń oraz linii. Obecnie produkowane modemy mają zestandaryzowany styk z urządzeniem końcowym transmisji danych, styk S2. Najszerzej stosowana jest norma na ten styk określona w zaleceniu V.24 CCITT*.

Modemy mogą współpracować z normalnymi łączami abonenckimi w publicznej sieci telefonicznej (łącza komutowane) lub z wydzielonymi z tej sieci łączami wydzierżawionymi specjalnie w celu transmisji danych (łącza stałe). We współpracy z łączami telegraficznymi nie jest konieczna modulacja, gdyż łącza te są przystosowane do przesyłania informacji cyfrowej. Potrzebne są jednak odpowiednie układy dostosowujące poziom sygnału. Ponadto konwerter sygnałów telegraficznych musi mieć układy związane ze sterowaniem styku z urządzeniem transmisji danych.

Łącza telegraficzne mogą być również stałe lub komutowane. Oprócz tych łączy używa się niekiedy łączy specjalnych, czyli fizycznych linii 2- lub 4-przewodowych przy transmisji na niewielkie odległości oraz tzw. łączy szerokopasmowych, zajmujących pasmo częstotliwości grupy pierwotnej (60 - 108 kHz) 12 kanałów telefonicznych do bardzo szybkiej transmisji dużych ilości danych na duże odległości. Zależnie od własności kierunkowych łącza i urządzeń do niego dołączonych możemy mówić o pracy simpleksowej (jeden kierunek przesyłania), dupleksowej (przesyłanie w obu kierunkach jednocześnie) oraz półdupleksowej (praca w dwóch kierunkach naprzemiennie).

Jakość łącza określona jest przez przepustowość** oraz wierność transmisji. Przepustowość jest określana przez maksymalną możliwą szybkość przesyłania informacji. Wierność transmisji określa się przez stopę błędów czyli stosunek ilości informacji odebranej błędnie do całej odebranej informacji. Elementowa, bitowa stopa błędów w standardowych kanałach telekomunikacyjnych zawiera się w granicach od 10^{-2} do 10^{-6}. Dla transmisji danych stopa błędów zależnie od zastosowań powinna wynosić od 10^{-6} do 10^{-9}. Dlatego poprawia się wierność transmisji stosując odpowiednie kodowanie zabezpieczające. Stopa błędów dla łączy komutowanych jest średnio 10-krotnie wyższa niż dla łączy stałych.

Łącza telegraficzne zapewniają przepustowość od 50 do 200 b/s. Łącza telefoniczne zależnie od sposobu modulacji zapewniają przepustowości do 9600 b/s, przy czym łącza komutowane używa się tylko do 1200 b/s. Łącza szerokopasmowe umożliwiają pracę z szybkościami ok. 50 kb/s i stosowane są zazwyczaj do tworzenia magistral danych między komputerami. Rys. 2 ilustruje możliwości wykorzystania łączy telekomunikacyjnych do teledacji. Pokazane na rysunku urządzenie zwane autowzywakiem służy do automatycznego nawiązywania połączeń w komutowanej sieci telefonicznej.

Podstawowe problemy transmisji danych

W transmisji danych podstawowymi zagadnieniami są modulacja i demodulacja, czyli przetwarzanie sygnałów dla maksymalnego wykorzystania właściwości łącza, synchronizacja, kodowanie i sterowanie. Krótkie wprowadzenie w te problemy umożliwi zrozumienie funkcji i właściwe wykorzystanie urządzeń transmisji danych.

Modulacja

Jak już było powiedziane wcześniej, najczęściej stosowanym do teledacji rodzajem kanału telekomunikacyjnego jest kanał telefoniczny. Standardowy kanał telefoniczny przepuszcza sygnały o częstotliwościach z zakresu 300 Hz - 4kHz. Aby przesłać sygnał cyfrowy przez taki kanał należy go uprzednio zmodulować, ponieważ sygnał ten, w swojej naturalnej postaci, może zawierać składowe niższe od 300 Hz, a nawet składową stałą.

---

*CCITT - Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique, Komitet doradczy d/s telegrafii i telefonii, organ międzynarodowej unii telekomunikacyjnej ustala zalecenia m.in. dotyczące urządzeń i metody transmisji danych.

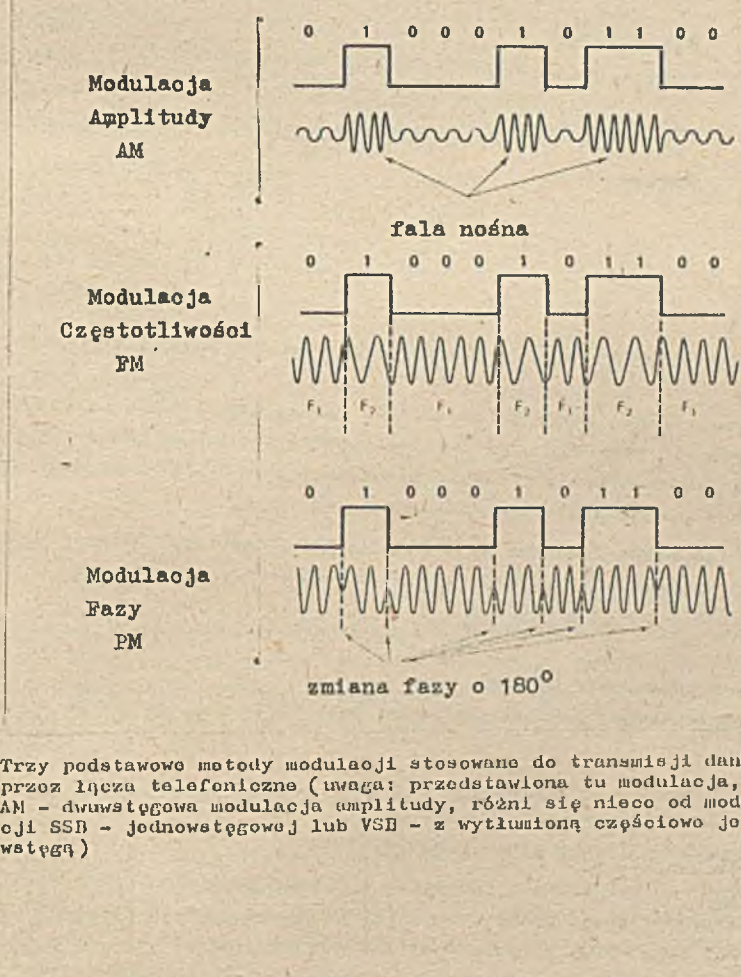
**używa się również pojęcia przepływność binarna.

Sposób modulacji dobiera się w zależności od charakterystyki amplitudowej i opóźnieniowej użytego łącza i od przewidzianych zmian tych charakterystyk w czasie. Odpowiednia technika modulacji pozwala na uzyskanie na danym łączu maksymalnej możliwej przepustowości.

Metody modulacji właściwe dla różnych parametrów łączy i szybkości transmisji objęte są szczegółową normalizacją; w ten sposób modemy zgodne z międzynarodowymi normami i zaleceniami CCITT (niezależnie od ich producenta) mogą ze sobą współpracować.

Dla łączy komutowanych stosuje się zazwyczaj dwuwartościową modulację częstotliwości i przy różnych częstotliwościach nośnych i dewiacjach mamy szybkości transmisji 200, 600, 1200 bitów/s.

Na łączach stałych można przeprowadzić dodatkową korekcję charakterystyk amplitudowych i opóźnieniowych. Większa jest też stałość parametrów łącza. Zależnie od parametrów łącza stosuje się 2-wartościową lub wielowartościową modulację fazy. Szybkość transmisji zależnie od parametrów modulacji wynosi 1200, 2400, 4800 lub 9600 bitów/s. W modemach współpracujących z łączami szerokopasmowymi stosuje się modulację amplitudy SSB AM* i VSB AM*. Istotę różnych metod modulacji i demodulacji pokazują w uproszczeniu rys. 3, 4, 5.



Rys. 3. Trzy podstawowe metody modulacji stosowane do transmisji danych przez łącza telefoniczne (uwaga: przedstawiona tu modulacja, AM - dwuwstęgowa modulacja amplitudy, różni się nieco od modulacji SSB - jednowstęgowej lub VSB - z wytłumioną częściowo jedną wstęgą)

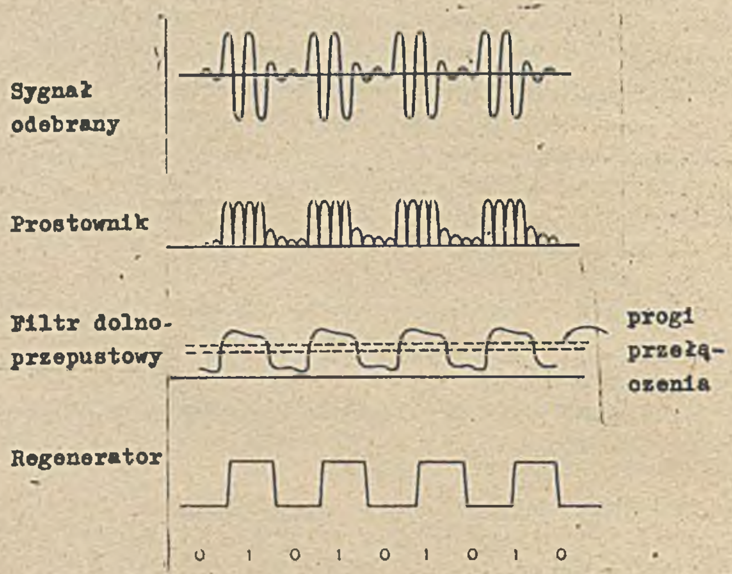
Synchronizacja

W transmisji danych zazwyczaj przesyła się informację w sposób szeregowy tzn. bit za bitem. Występuje zatem problem rozpoznania początku i końca każdego bitu, znaku i bloku informacji.

Ze względu na sposób synchronizacji znakowej wyróżniamy dwa zasadnicze rodzaje transmisji: synchroniczną i start-stopową.

* SSB AM - Single Side Band Amplitude Modulation
VSB AM - Vestigial Side Band Amplitude Modulation

W metodzie start-stopowej początek transmisji znaku jest sygnalizowany zmianą stanu łącza z logicznego "1" na "0" logiczne. Jest to sygnał START. Po przesłaniu całego znaku łącze powraca do stanu "1" na okres conajmniej jednej elementarnej jednostki czasu. Jest to sygnał STOP. Odległość w czasie między STOP poprzedniego a START następnego znaku jest dowolnie duża.



Rys. 4. Detekcja sygnału teledacyjnego w przypadku modulacji amplitudy AM

W transmisji synchronicznej znaki są przesyłane bezpośrednio jeden po drugim i ostatni bit n-tego znaku poprzedza pierwszy bit n+1 znaku. Początek i koniec znaku rozpoznaje się odliczając bity. Początkową synchronizację zapewnia przesłanie specjalnej sekwencji synchronizującej, po której końcu następuje początek pierwszego znaku.

Możemy sprawdzić ile bitów zużywamy na uzyskanie synchronizacji bitowej znakowej. Do przetransmitowania bloku n znaków k-bitowych metodą start-stopową zużywamy czas

$$T_{ss} = n \cdot (k+2) \cdot \tau$$

gdzie τ jest czasem przesłania jednego bitu.
Przy transmisji synchronicznej czas potrzebny na przesłanie takiego bloku wynosi

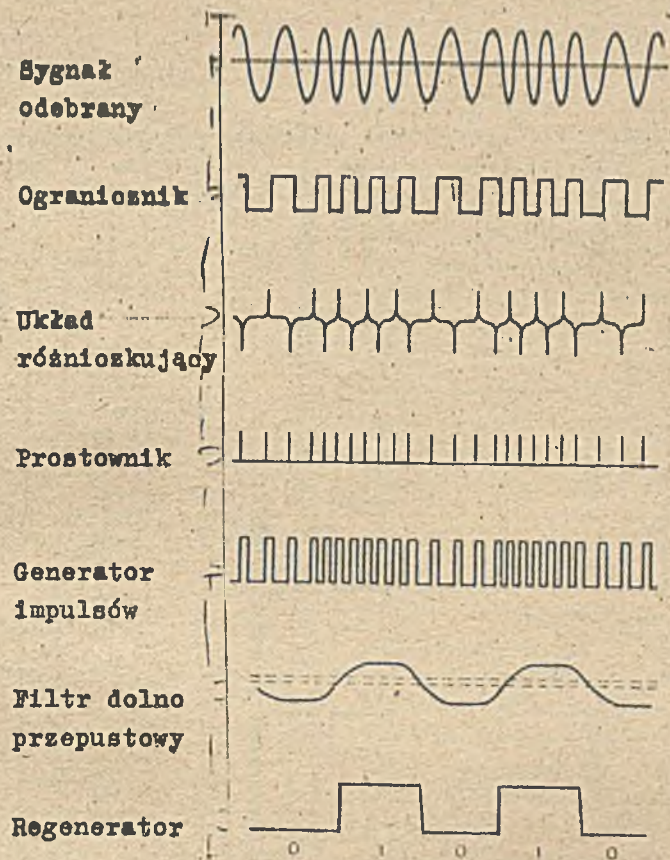
$$T = n \cdot k \cdot \tau + t_{sb} + t_{sz}$$

gdzie t_{sb} czas uzyskania synchronizacji bitowej
t_{sz} czas uzyskania synchronizacji znakowej

ponieważ t_{sb} i t_{sz} są niewielkie, zazwyczaj są równe czasowi transmisji 2 znaków, już dla przesłania tekstu z jednej karty perforowanej (do 80 znaków) warto korzystać z metody synchronicznej. Natomiast przy transmisji z klawiatury obsługiwanej przez operatora terminala znaki napływają rzadko i nierytmicznie więc użycie transmisji start-stopowej jest tańsze a zatem korzystniejsze.

Można powiedzieć, że wtedy gdy transmitujemy dużo masy informacji używamy zawsze transmisji synchronicznej, a do zdalnej pracy dialogowej używamy zazwyczaj transmisji start-stopowej.

Do transmisji start-stopowej nie używa się większych szybkości niż 1200 bitów/s, a do transmisji synchronicznej szybkości mniejszych niż 600 bit/s. Przykład transmisji start-stopowej i synchronicznej dwóch znaków pokazuje rys. 6.

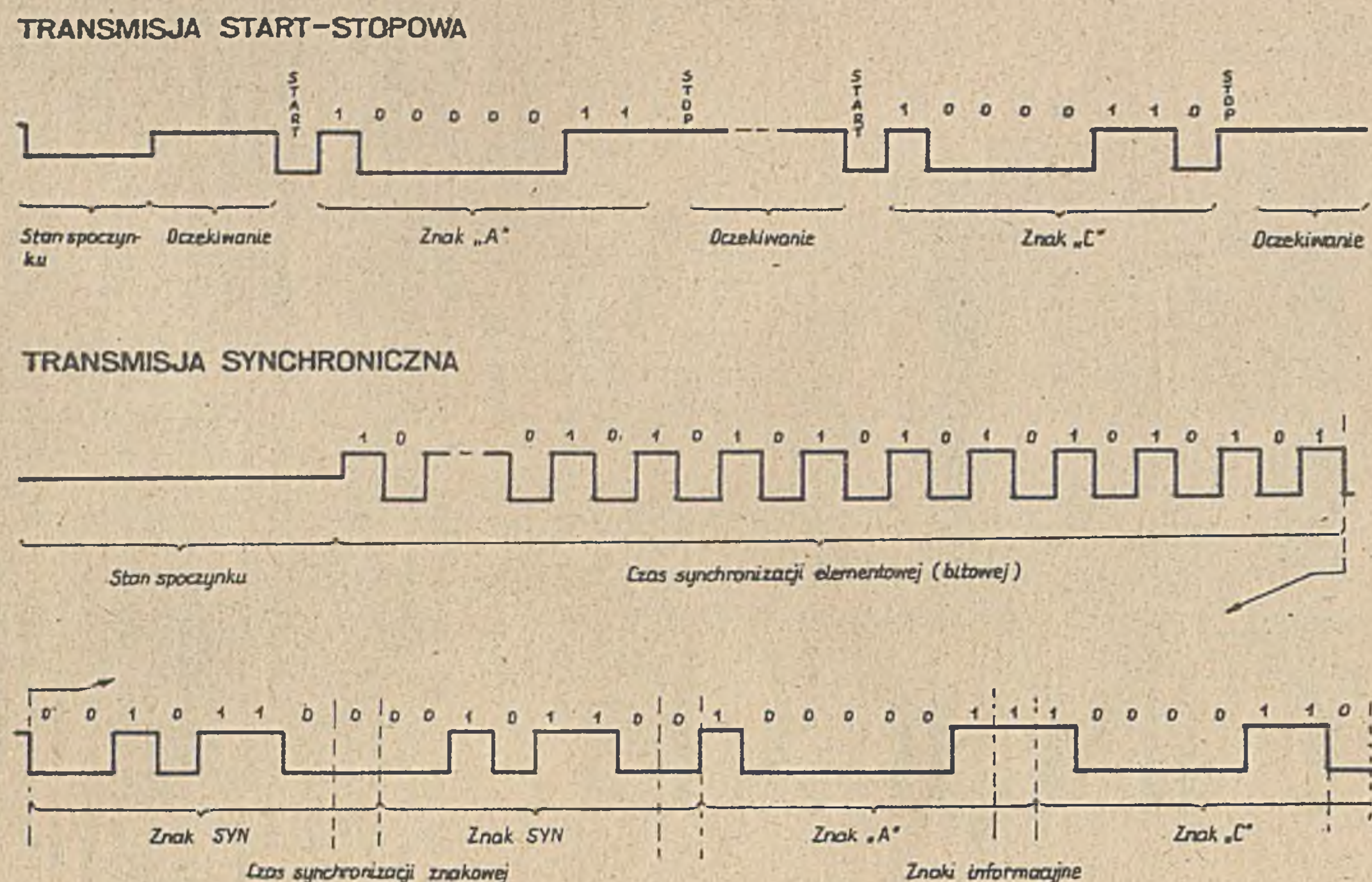


Rys. 5. Metoda demodulacji sygnału FM

Kodowanie

Przez kodowanie rozumiemy tutaj przedstawienie informacji w postaci ciągu cyfr binarnych. Sposób kodowania powinno się dobierać do jakości kanału, przez który będziemy kodowaną informację przesyłać. Do lokalnego przesyłania informacji typu alfanumerycznego najczęściej stosuje się kod ISO-7 (radz. KOI-7, ameryk. ASCII) dodając ewentualnie 1 bit kontroli parzystości. Repertuar znaków kodu ISO-7 przedstawia rys. 7.

Przy transmisji równoległej bit parzystości zapewnia wystarczającą kontrolę błędów bowiem przekłamania poszczególnych bitów są zdarzeniami niezależnymi, więc prawdopodobieństwo błędów wielokrotnych jest małe. Przy transmisji szeregowej bit za bitem, a z taką transmisją mamy zazwyczaj do czynienia w teledacji, błędy nie są niezależne, pojawiają się najczęściej seriami. Przy stosowaniu zwykłej kontroli parzystości wiele błędów może zostać niezauważonych. Dlatego stosuje się inne metody ochrony przed błędami. Najprostsza, ale mało praktyczna metoda to system ze sprzężeniem zwrotnym informacji. Strona odbiorcza wysyła zwrotnie całą odebraną informację dla umożliwienia sprawdzenia, czy nie nastąpiło przekłamanie. Najczęściej stosowane są systemy ze sprzężeniem zwrotnym decyzji i kodowaniem detekcyjnym. W takim systemie do wysyłanego bloku informacji dołącza się informację nadmiarową (redundancję), która jest wykorzystywana po stronie odbiorczej do wykrycia, czy blok został odebrany poprawnie. Strona odbiorcza odsyła do nadawcy po sprawdzeniu bloku odpowiedź pozytywną lub żąda powtórzenia błędnie odebranego bloku.



Rys. 6. Porównanie transmisji start-stopowej i synchronicznej

Bity 5,6,7

Bity 1,2,3,4		000	100	010	110	001	101	011	111
		0	1	2	3	4	5	6	7
0000	0	NUL	TC_7 (DLE)	SP	0	@	P	`	p
1000	1	TC_1 (SOH)	DC_1	!	1	A	Q	a	q
0100	2	TC_2 (STX)	DC_2	"	2	B	R	b	r
1100	3	TC_3 (ETX)	DC_3	#	3	C	S	c	s
0010	4	TC_4 (EOT)	DC_4	¤	4	D	T	d	t
1010	5	TC_5 (ENQ)	TC_8 (NAK)	%	5	E	U	e	u
0110	6	TC_6 (ACK)	TC_9 (SYN)	&	6	F	V	f	v
1110	7	BEL	TC_{10} (ETB)	'	7	G	W	g	w
0001	8	FE_0 (BS)	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	9	FE_1 (HT)	EM	)	9	I	Y	i	y
0101	10	FE_2 (LF)	SUB	*	:	J	Z	j	z
1101	11	FE_3 (VT)	ESC	+	;	K	[	k	{
0011	12	FE_4 (FF)	IS_4 (FS)	,	<	L	\	l	|
1011	13	FE_5 (CR)	IS_3 (GS)	-	=	M	]	m	}
0111	14	SO	IS_2 (RS)	.	>	N	^	n	~
1111	16	SI	IS_1 (US)	/	?	O	_	o	DEL

Rys. 7. Tabela kodu ISO-7

Inną możliwą metodą jest kodowanie korekcyjne. Wtedy redundancja służy do obliczenia pozycji przekłamanych bitów w odebranym bloku.

Oczywiście im większą chcemy mieć możliwość wykrycia lub poprawienia błędu tym większa jest redundancja. Kody korekcyjne wymagają wielokrotnie większej redundancji niż kody detekcyjne.

Zależnie od typu zakłóceń w kanale transmisji i wynikającego stąd rozkładu błędów stosuje się różne kody korekcyjne. Tak np. kody BCH* służą do korekcji zadanej liczby niezależnych błędów a kody Fire'a do korekcji błędów występujących seriami o zadanej długości maksymalnej. Układy korekcji błędów są bardzo rozbudowane i kosztowne. Tak więc wyniki ekonomiczne decydują o małym rozpowszechnieniu tej metody ochrony przed błędami.

Sterowanie transmisją

Jak zostało wcześniej podkreślone, w teledacji nie dysponujemy osobnymi przewodami w kablu do przesłania sygnałów sterujących przepływem danych. Z tego też powodu zarówno informacja jak i sterowanie są przekazywane tym samym łączem między dwoma współpracującymi urządzeniami teledacyjnymi. Do sterowania wykorzystuje się grupę specjalnych znaków kodu transmisyjnego. Np. kod ISO-7 ma ponad 20 znaków przeznaczonych do sterowania transmisją danych. Sposób sterowania transmisją, wraz ze sposobem kodowania, synchronizacji i metodą ochrony przed błędami określają tzw. protokół transmisji danych.

Dla transmisji synchronicznej sterowanie jest w znacznym stopniu ujednolicone. Szczególnie rozpowszechniony jest protokół opracowany przez firmę IBM, o nazwie BSC - Binary Synchronous Communication, ale są również inne normy i opracowania stosowane coraz szerzej. Warto wymienić protokoły SDLC - Synchronous Data Link Control, firmy IBM, ukierunkowany na systemy teleprzetwarzania o strukturze sieciowej, HDLC-High Level Data Link Control - opracowanie ISO, będący rozszerzeniem SDLC, podobny protokół X25-LAP/CCITT oraz protokół DDCMP dla sieci minikomputerowej firmy Digital Equipment Corporation. Szczegółowe opisy tych i innych protokołów można znaleźć w podanej literaturze.

Uogólniając można stwierdzić, że w sterowaniu transmisją można zawsze wyróżnić fazę inicjacji, właściwego przesyłania bloku i zakończenia.

W najprostszej sytuacji transmisja inicjowana jest jednym znakiem sterującym, po którym następuje przesłanie bloku i znaku kończącego.

W bardziej skomplikowanym przypadku łącza wielopunktowego** inicjacja składa się z sekwencji znaków zawierającej informację o kierunku transmisji, adresie terminala, z którym ma być prowadzo-

---

* od nazwisk twórców: R.C. Bose, D.K. Ray - Chaudchuri, A. Hocquenghem

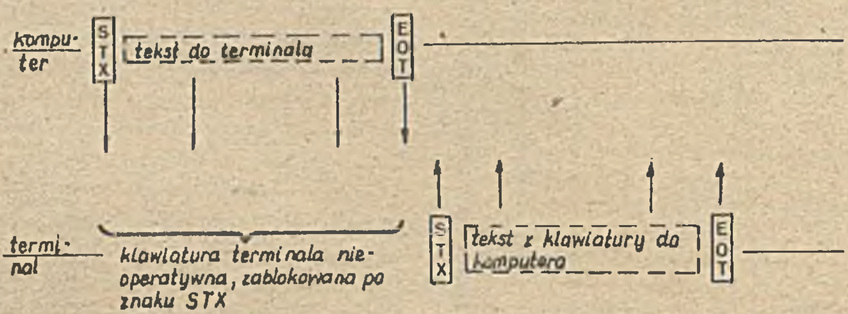
**ang. multipoint - wiele terminali podłączonych do tego samego łącza

na wymianę informacji. Terminal odpowiada na tę sekwencję, że jest zdolny lub nie, do przyjęcia lub wysłania bloku. Niektóre protokoły przewidują podawanie w tej odpowiedzi bardziej szczegółowych danych o stanie, w jakim się znajduje terminal.

Po takiej inicjacji następuje właściwa transmisja bloku danych, a po znaku końca bloku, informacja kontrolna dla układu detekcji błędów. Strona odbierająca określa w swojej odpowiedzi, czy odebrała blok bez błędu. Jeśli wykryto błąd, transmisja bloku zostaje powtórzona. Powtórzenia następują aż do uzyskania pozytywnego potwierdzenia lub zaniechania transmisji przez jedną ze stacji.

Po zaakceptowaniu bloku transmisja może być zakończona lub kontynuowana dla następnego bloku. W wielu terminalach przewidziane są takie dodatkowe możliwości, jak wprowadzanie opóźnienia w odbiorze kolejnego bloku jeśli wyjściowe urządzenie na terminalu jest zajęte lub przy nienadążaniu z nadaniem następnego bloku, a także przerwanie transmisji będącej w toku. W wielu protokołach przewiduje się liczenie nadanych i odbieranych bloków dla uniknięcia "zgubienia" całego bloku.

Czasem występuje potrzeba przesyłania informacji binarnej np. programów w kodzie wewnętrznym maszyny. Niektóre sekwencje bitów mogą odpowiadać znakom sterującym transmisją. Mówimy wtedy o transmisji przezroczystej. Protokół BSC przewiduje możliwość transmisji w trybie przezroczystym jako specjalny wariant, natomiast protokoły typu HDLC standardowo mają możliwość transmisji dowolnych ciągów bitów. Rys. 8, 9 i 10 pokazują, z pewnymi uproszczeniami, sposoby sterowania transmisją danych dla wybranych typów terminali.



Rys. 8. Sterowanie prostym terminalem konwersacyjnym
STX- Start of Text, EOT- End of Transmission

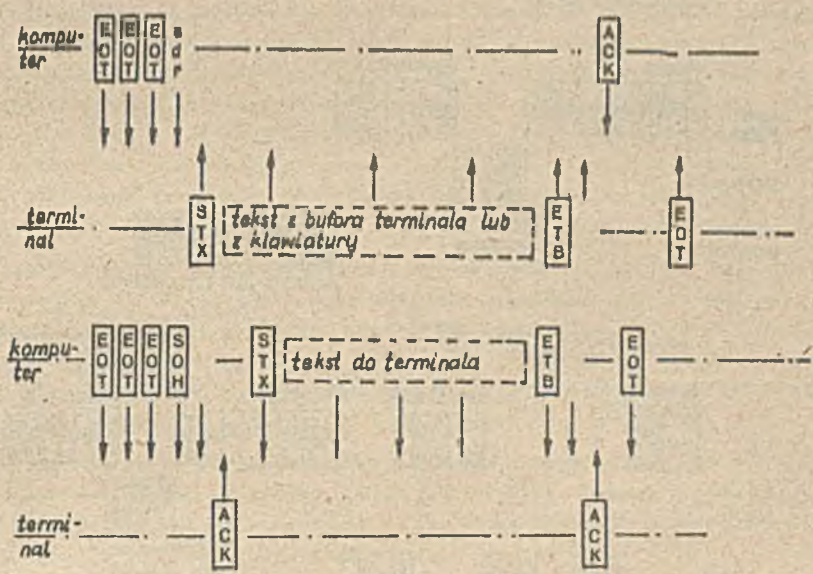
Urządzenia transmisji danych

Terminale

Podstawową grupą wśród tych urządzeń są tzw. terminale konwersacyjne. Są to najczęściej dalekopisy, elektryczne maszyny do pisania lub monitory ekranowe. Pracują zazwyczas start-stopowo z małą lub średnią szybkością transmisji. Terminale tego typu są używane w systemach konwersacyjnych i stąd wywodzi się ich nazwa.

Drugą grupą terminali są terminale zwane często "ciężkimi" lub wsadowymi. Są kosztowniejsze, zawierają więcej urządzeń peryferyjnych i wykorzystywane są do przesyłania danych dużymi partiami. W związku z tym zwykle pracują synchronicznie. Używa się je do zdalnego wczytywania danych i programów do komputera oraz zdalnego otrzymywania wyników.

Trzecią grupę terminali stanowią terminale specjalne. Mogą to być automaty kasowe w domu towarowym lub banku albo terminale wyposażone w czytniki żetonów i kart magnetycznych, czujniki itp. Zazwyczaj są to urządzenia zbierające dane. Terminalami mogą być też różnego rodzaju automaty produkcyjne sterowane cyfrowo. Tego typu terminale przystosowane są do konkretnego systemu automatyzacji biura lub fabryki.



Rys. 9. Sterowanie terminalem na łączu wielopunktowym ACK - ACKnowledge - akceptacja, ETB - End of Transmission Block, SOH - Start Of Heading - start nagłówka, adr - adres terminala, lrc - longitudinal redundancy check - wzdłużna kontrola parzystości

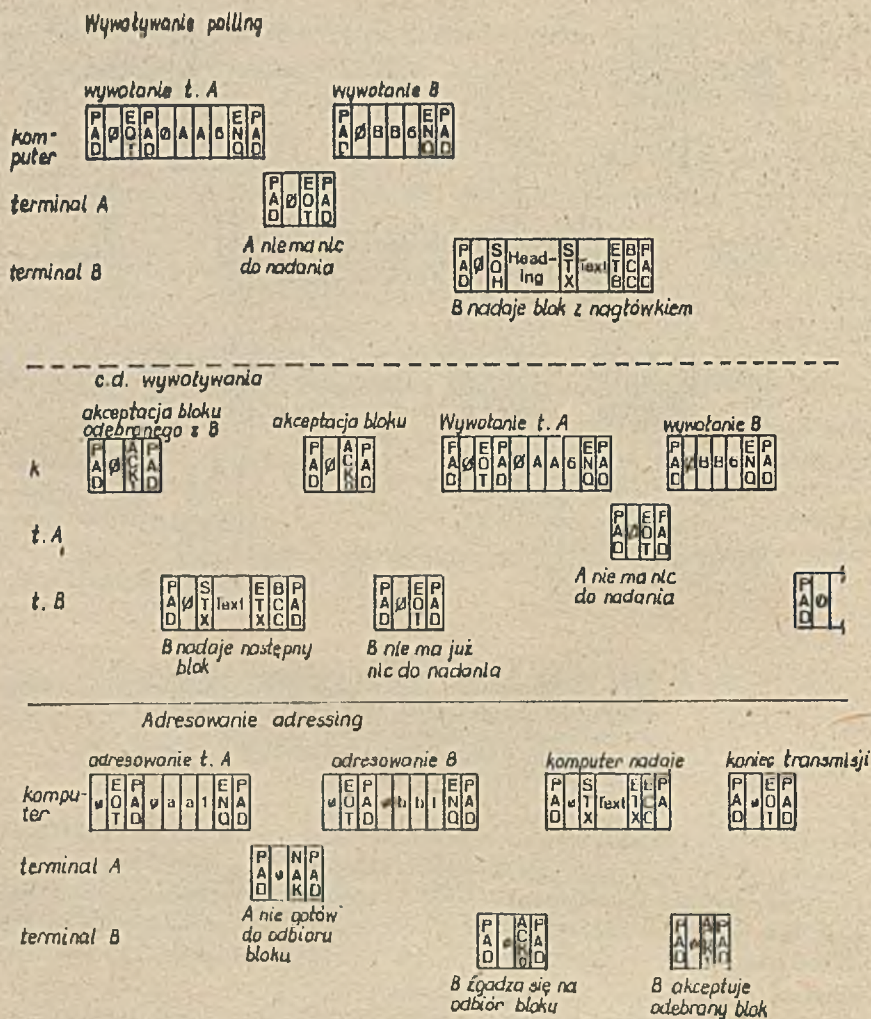
Jako terminal w szczególnej sytuacji może być użyty drugi komputer lub minikomputer. Ten komputer może za pomocą odpowiedniego programu odtwarzać, czyli emulować funkcje zwykłego terminala, może jednak wykonywać również własne, lokalne przetwarzanie. Przykładami typowych terminali konwersacyjnych mogą być terminale IBM 2740, IBM 2741 z maszyną do pisania lub monitor ekranowy IBM 3275 (synchroniczny, BSC). Przykładem terminala wsadowego może być IBM 2780 lub terminal zrealizowany na minikomputerze, MITRA 15/RB (CII-Francja).

Jednostka sterująca transmisją

Sterowanie transmisją zdalną wykonuje się w zupełnie inny sposób niż sterowanie lokalnymi urządzeniami peryferyjnymi. Do tego celu używa się specjalnych jednostek sterujących. Jednostki te, zależnie od producenta, zasady działania i spełnianych funkcji noszą nazwy multipleksorów transmisji danych, skanerów, koncentratorów, kontrolerów komunikacyjnych, adapterów transmisji danych itp.

W pewnych wypadkach stosuje się zdalne jednostki sterujące transmisją danych. Jednostka zdalna komunikuje się z komputerem za pośrednictwem jednostki lokalnej przy komputerze i odpowiednie łącze o dużej przepustowości.

Podstawowymi zadaniami JST są: serializacja i deserializacja danych, synchronizacja, obliczanie parzystości nadawanych znaków i sprawdzanie odebranych znaków, synchronizacja oraz sterowanie modemami. Jeśli JST wykonuje tylko te funkcje, pozostałe funkcje obciążają komputer. Przy dużej liczbie linii pamięć buforowa i programy obsługi terminali zajmują znaczne obszary pamięci komputera i zabierają czas pracy procesora. Dlatego coraz częściej do sterowania transmisją stosuje się odpowiednio do tego celu przystosowane minikomputery. Taka programowana jednostka sterująca odciąża komputer centralny (host computer) od większości zadań telekomunikacyjnych. Takie procesory telekomunikacyjne stosuje się w sieciach terminalowych. W sieciach komputerowych programowanie



Rys. 10. Sterowanie łączem wielopunktowym, 2 terminale BSC, BCC - informacja kontrólna bloku, PAD - sekwencja synchronizacyjna na początku bloku i odwracania kierunku na końcu bloku , Ø - sekwencja 2 zn. SYN, NAK - Negative ACKnowledge - potwierdzenie negatywne, ENQ - ENQuiry - "zaproszenie" do wymiany informacji, ACK0 i ACK1 2 zn. sekwencje akceptacji bloku parzystego i nieparzystego.

funkcji telekomunikacyjnych poza komputerem obliczeniowym daje szczególnie pożądaną elastyczność działania.

Podstawowym narzędziem do programowania transmisji danych jest zazwyczaj język niskiego po[illegible]mu typu assembler, rozszerzony o odpowiednie makroinstrukcje. W JS EMC oraz IBM S/360 i S/370 środki programowania transmisji danych noszą nazwę metod dostępu. Są to metody BTAM, QTAM, TC[illegible] i VTAM*.

---

* BTAM - Basic Telecommunications Acces Method
QTAM - Queued Telecommunications Acces Method
TCAM - Telecommunications Acces Method
VTAM - Virtual Telecommunications Acces Method

Jeśli dysponuje się procesorem telekomunikacyjnym można część programu sterującego umieścić w tym procesorze. Program użytkowy w maszynie głównej przez VTAM komunikuje się z programem NCP* w procesorze telekomunikacyjnym, a NCP steruje bezpośrednio liniami. Jedynie za pomocą VTAM i NCP można w pełni wykorzystać możliwości takiego systemu. Aby TCAM wykorzystujących starsze, nieprogramowane JST należy korzystać z programu emulującego (EP) odpowiednią jednostkę. Emulator realizuje programowo wszystkie funkcje sprzętowe zwykłej JST (np. emulator jednostki IBM2703 na procesorze telekomunikacyjnym IBM3705). Jeśli istnieje potrzeba jednoczesnej eksploatacji programów wykorzystujących NCP i EP można zastosować program emulacji tylko dla części linii (PEP*) sterowanych przez procesor telekomunikacyjny, a pozostałymi liniami sterować za pomocą NCP. Rys. 11 obrazuje zasadniczą różnicę funkcjonalne działania NCP i EP w procesorze komunikacyjnym.

Istnieją również gotowe systemy teleprzetwarzania na maszynach JS EMC lub IBM. Systemy umożliwiające zdalną pracę wsadową z możliwością konwersacyjnego poprawiania i uruchamiania programów CRJE oraz system VM 370* umożliwiający w pełni niezależną pracę wielu użytkowników, są systemami służącymi programistom zdalnie korzystającym z komputera. Można podać również przykłady systemów tylko użytkowych, jak KWINTET, który wraz z systemem zarządzania bazą danych SAD umożliwia konwersacyjne wyszukiwanie dokumentów w tej bazie danych (opracowanie IMM).

W komputerach ODRA 1300 do celów użytkowego programowania transmisji danych służy tzw. SZZ - system zewnętrznego zgłoszenia (Flag - Setting System). Są też opracowane system wielodostępny MINIMOP oraz MOP podsystem wielodostępu w systemie operacyjnym GEORGE3. Szersze omówienie tego oprogramowania można znaleźć w podanej literaturze.

Należałoby jeszcze dodać, że tzw. programowanie real-time, jakim jest programowanie telekomunikacyjne nastręcza wiele dodatkowych trudności w stosunku do zwykłego programowania. Programy telekomunikacyjne wymagają zazwyczaj dużej pamięci operacyjnej i długo ją zajmują. Koszty eksploatacji łączy i licznych terminali też są dosyć duże i należy uwzględnić te wszystkie czynniki przy projektowaniu systemu teleprzetwarzania.

Sieć komputerowa

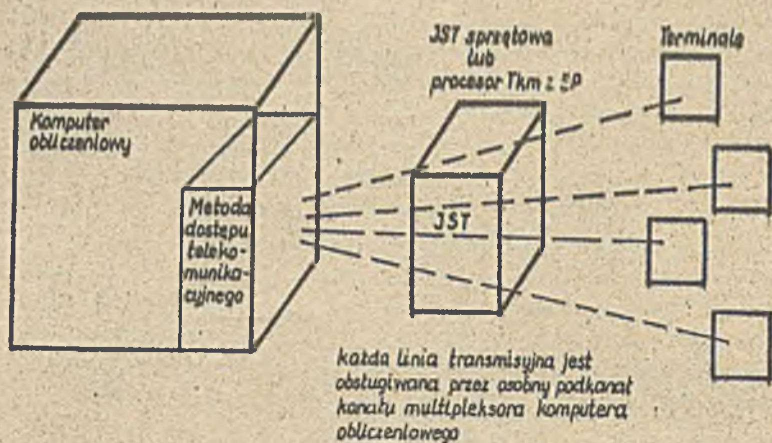
Sieć komputerowa, czyli wiele komputerów odległych od siebie i sprzężonych przez łącza telekomunikacyjne jest najbardziej rozbudowanym z istniejących systemów teleprzetwarzania. Rozproszenie mocy obliczeniowych w przestrzeni daje liczne korzyści w stosunku do systemów scentralizowanych o tym samym wyposażeniu sprzętowym i tej samej wydajności. Przede wszystkim niezawodność takiego systemu jest większa (oczywiście tylko przy naprawdę dużych systemach). Prawdopodobieństwo unieruchomienia wszystkich komputerów w sieci jest znikomo małe w porównaniu z prawdopodobieństwem awarii pojedynczego komputera. W związku z różnicami w czasie szczytowego obciążenia poszczególnych komputerów w sieci uzyskuje się poważne podwyższenie przepustowości przetwarzania w całym systemie. Nie są to jedyne zalety systemu rozproszonego przetwarzania. W wypadku łączenia w sieć istniejących już ośrodków uzyskuje się rozszerzenie dostępu do zbiorów danych i bibliotek programów.

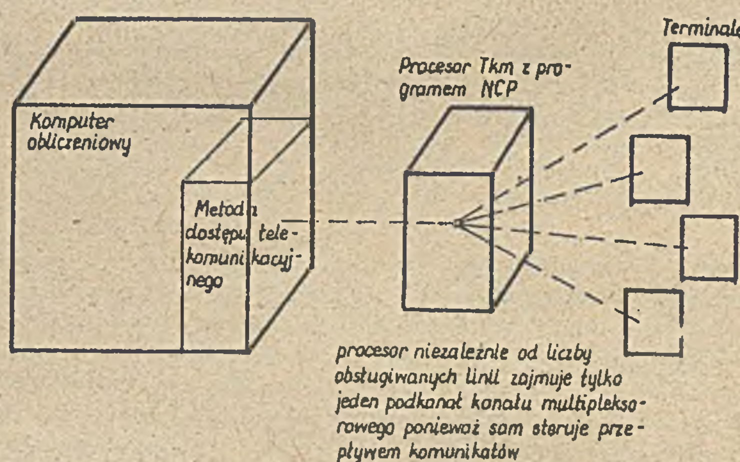
Sieć gwiaździsta, hierarchiczna jest najprostszym przykładem sieci komputerowej. Jest to jakby rozwinięcie koncepcji sieci terminalowej z terminalami programowanymi. Główną zaletą tej architektury sieci jest ułatwione sterowanie. Największą zaś wadą jest czułość na awarię centralnego komputera, która powoduje całkowity zanik funkcji sieci. Tej wady nie ma sieć o rozproszonym sterowaniu przepływem informacji (w najprostszym wypadku jest to sieć pętlowa). Niestety, rozproszone sterowanie nastręcza wiele trudności przy realizacji sieci. Powstają nowe problemy, jak us-

---

*

NCP - Network Control Program
EP - Emulation Program
PEP - Partitioned EP
CRJE - Conversational Remote Job Entry
VM - Virtual Machine





Rys. 11. Porównanie działania i efektywności zwykłej jednostki sterującej teletransmisją i procesora telekomunikacyjnego

talanie marszruty komunikatu przesyłanego między poszczególnymi węzłami, buforowanie i kolejkowanie, bieżące pomiary sieci. Dobrze zaprojektowana sieć powinna także umożliwiać dołączanie nowych węzłów bez zmian w oprogramowaniu istniejącej części sieci.

Połączenie logiczne między węzłami sieci realizuje się na drodze komutacji łączy lub komutacji informacji. Obecnie na świecie stosuje się obydwie te metody, zależnie od zastosowania sieci i jej obciążenia. Najbardziej znaną, jedną z największych i najbardziej wymyślnych sieci komputerowych na świecie jest sieć ARPA, której geograficzne rozłożenie węzłów przedstawia rys. 12. Sieć ARPA jest obszernie opisana w literaturze i wiele z zastosowanych w niej rozwiązań znalazło się w innych sieciach komputerowych w USA, Kanadzie i w Europie. Warto dodać, że prowadzone są już prace na temat ujednolicenia protokołów w sieciach komputerowych. Szczegóły dotyczące tych zagadnień można znaleźć w podanej literaturze.



- Rys. 12. Geograficzne rozłożenie węzłów sieci ARPA 1974 r.

Krajowy sprzęt teleprzetwarzania

Jednolity System Elektronicznych Maszyn Cyfrowych - RIAD przewiduje w swoich konfiguracjach liczne urządzenia teleprzetwarzania. Wiele z tych urządzeń jest już obecnie produkowane w kraju.

W MERA-ELWRO rozpoczęto produkcję procesorów telekomunikacyjnych do polskich komputerów R-32 i innych maszyn JS EMC. Krajowym producentem modemów i innych urządzeń bezpośrednio współpracujących z łączami telekomunikacyjnymi są zakłady TELKOM-TELETRA w Poznaniu. Zakłady MERA-BŁONIE - producent drukarek mozaikowych DZM-180, produkują terminale opracowane na bazie tych drukarek. Wśród tych urządzeń są terminale wyłącznie odbiorcze, czyli zdalne drukarki (DZM180/RO) oraz terminale konwersacyjne mające różne protokoły transmisji. Niektóre z nich mają pamięć buforową i możliwość pracy w systemie wielopunktowym. Najnowszymi opracowaniami MERA-BŁONIE są programowane terminale MERA-100 i MERA-200 zawierające oprócz drukarki i klawiatury inne, dodatkowe urządzenia wprowadzania i wyprowadzania informacji, jak np. kasetowa pamięć taśmowa lub pamięć na elastycznych dyskach oraz procesor umożliwiający realizację programową różnych specjalnych funkcji lokalnego przetwarzania danych. Zakłady MERA-ELZAB w Zabrzu są producentem monitorów ekranowych oraz grupowych jednostek sterujących do tych monitorów. Monitory produkowane są w wersji lokalnej i zdalnej. Monitory lokalne współpracują z komputerem wyłącznie przez grupową jednostkę sterującą, a monitory zdalne mogą być podłączone jako samodzielne terminale przez łącza telekomunikacyjne. Monitory zdalne są produkowane w wersji start-stopowej oraz synchronicznej (protokół BSC). Jednostki grupowe w wersji lokalnej mają interfejs zgodny z normą JS EMC i są podłączane bezpośrednio do kanału komputera. Jednostka zdalna współpracuje z komputerem przez łącze telekomunikacyjne (protokół BSC). Jednostki grupowe mają dwie różne wersje wykonania, które różnią się liczbą możliwych do podłączenia monitorów (8 lub 16) oraz wymiarami. Oprócz monitorów do jednostek grupowych można podłączyć pewną liczbę zdalnych drukarek DZM-180/RO. Terminale typu wsadowego są obecnie w stadium opracowania i wdrażania w zakładach TELETRA jako realizacja całkowicie sprzętowa oraz w ELWRO jako terminal programowany. Krajowe minikomputery serii MERA 300, MERA 400 oraz minikomputery SM EMC (jednolity system minikomputerów) są wyposażane w jednostki sterujące transmisją danych. Są to na razie tylko jednostki start-stopowe. Są opracowane emulatory niektórych terminali IBM oraz JS EMC dla minikomputerów MERA 300. Dla maszyn MERA 400 opracowano moduły sterowania transmisją danych zgodnie z wybranymi protokołami IBM i JS EMC mogące współpracować z programami

lokalnego przetwarzania pod wspólną kontrolą systemu operacyjnego SOM-3.

Jak widać, na bazie krajowego sprzętu można tworzyć znacznie rozbudowane systemy teleprzetwarzania.

Literatura

[1] ABRAMSON N., KUO F.F.: Sieci telekomunikacyjne komputerów. WNT: Warszawa 1978 ● Wprowadzenie w problematykę sieci komputerowych, podane liczne przykłady sieci i ich organizacja, liczne wiadomości o transmisji danych i sieciach terminalowych

[2] BARAN Z. i in.: Problemy transmisji danych. WKL: Warszawa 1979 ● Obszerne omówienie podstawowych problemów teledacji, przedstawienie aktualnego stanu techniki w tej dziedzinie oraz tendencji rozwojowych w kraju i na świecie

[3] BAZEWICZ M. i in.: Własności i funkcje sieci komputerowych. Politechnika Wrocławska: Wrocław 1979 ● Do tej pory ukazał się tylko jeden tom skryptu omawiający protokoły, w tym również protokoły transmisji danych i sterowania przepływem informacji w systemie sieci komputerowej

[4] CII téléinformatique: Introduction au télétraitement, CII reference document 3865 P1/FR. ● Wprowadzenie w problematykę transmisji danych i teleprzetwarzania, omówienie ogólne i szczegóły dotyczące sprzętu firmy CII

[5] DABROWSKI M., OSTROWSKI P.: Systemy i sieci teleinformatyczne. WKŁ: Warszawa 1979 ● Problematyka transmisji danych ze szczególnym uwzględnieniem perspektywy ogólnokrajowej sieci teleinformatycznej, omówienie jako przykładu tego typu sieci systemu SNA - System Network Architecture firmy IBM

[6] FISCHER U.E.: Systemy abonenckie. WNT: Warszawa 1977 ● Oprogramowanie systemów wielodostępnych oraz problemy użytkowania tych systemów; jako przykłady omówiono systemy z interpreterem języka BASIC, APL oraz systemy CRJE, TSO, CMS

[7] IBM Student text: Data Communication Primer, GC 20-1668 ● Bardzo przystępne wprowadzenie do teledacji i teleprzetwarzania

[8] IBM Systems Reference Library: Binary Synchronous Communication - General information, GA 27-3004 ● Źródłowa publikacja na temat BSC

[9] IBM Systems Reference Library: Introduction to IBM3705/3704 Communication Controller, GA 27-3051 ● Ogólny opis architektury logicznej procesora telekomunikacyjnego, informacje o sposobach jego wykorzystania

[10] IBM Systems Reference Library: IBM System 370 System summary, GA 22-7001 ● Wykaz i krótkie omówienie wszystkich urządzeń Systemu 370 w tym również wielu urządzeń teleprzetwarzania

[11] IBM Systems Reference Library: Synchronous Data Link Control - General information, GA 27-3093 ● Źródłowa publikacja na temat SDLC

[12] MARTIN J.: Telecommunication and the computer. Prentice-Hall: New Jersey 1969 ● Przystępne omówienie systemów telekomunikacyjnych, a zwłaszcza publicznej sieci telefonicznej w aspekcie wykorzystania do łączności z komputerem, liczne ilustracje, schematy funkcjonalne i blokowe ułatwiają zrozumienie wielu zasadniczych problemów teledacji i telekomunikacji w ogóle

[13] MARTIN J.: Teleprocessing network organisation. Prentice-Hall: New Jersey 1970 ● Wyczerpujące omówienie problematyki transmisji danych, w tym również zagadnień podstawowych, dużo informacji na temat sterowania transmisją

[14] MARTIN J.: Wstęp do transmisji danych. WNT: Warszawa 1975 ● Przystępnie napisana książka wprowadzająca w problematykę teledacji, liczne rysunki i diagramy ułatwiające zrozumienie treści

[15] Oprogramowanie m.c. Odra 1300. Teletransmisja danych - oprogramowanie. MERA-ELWRO, publ.nr 1301801 ● Zeszyt 1 zawiera informacje wprowadzające, 2 i 4 zeszyt dotyczą oprogramowania, 3 zeszyt terminali, a zeszyt 5 opisuje procesor telekomunikacyjny ,

[16] Transmisja danych. Problemy Telekomunikacji. WKŁ: Warszawa 1966 ● Szczegółowa analiza większości podstawowych problemów teledacji

[17] RACAL-MILGO - Data Communication Seminar, Warsaw 3-4 April 1974 ● Materiały z seminarium na temat transmisji danych i urządzeń f-my RACAL-MILGO

[18] ROSIE A.M. : Teoria przesyłania informacji. PWN: Warszawa 1978 ● Metody kodowania sygnałów binarnych, kody Hamminga, BCH, Fire'a i in.

[19] SEIDLER J. : Analiza i synteza sieci łączności dla systemów teleinformatycznych. PWN: Warszawa 1979 ● Wprowadzenie do zagadnień projektowania sieci komputerowej

[20] SEIDLER J. : Systemy przesyłania informacji cyfrowej. WNT: Warszawa 1976 ● Zagadnienia kodowania zabezpieczającego przed przekłamaniami, problemy komutacji wiadomości, buforowania i kolejkowania w sieci komputerowej

[21] STELMACH E.V. : Introduction to minicomputer networks. Digital Equipment Corporation, Maynard Massachusetts 1974 ● Omówienie sprzętu i oprogramowania oraz możliwości ich wykorzystania, omówienie protokołu DDCMP dla sieci minikomputerowej; opracowanie dotyczy wyłącznie produktów firmy Digital Equipment Corp.

[22] SOBCZAK W. i in. Wprowadzenie do teleinformatyki. WKŁ: Warszawa 1979 ● Wprowadzenie do transmisji danych w sieciach teleinformatycznych; organizacja przepływu informacji w sieci; optymalizacja sieci; modelowanie i symulacja sieci teleinformatyki.

Biuletyn Informacyjny OBIEKTOWE SYSTEMY KOMPUTEROWE 1-6/78

mgr inż. Agata KRÓL
doc. dr inż. Jerzy MARSZAŁEK
Instytut Komputerowych Systemów
Automatyki i Pomiarów, Wrocław

Rejestracja danych w czasie rzeczywistym w systemie sterowania produkcją

Wstęp

Praktyka stosowania elektronicznej techniki obliczeniowej ETO w zarządzaniu przedsiębiorstwem wykazała, że sprawne kierowanie przedsiębiorstwem uwarunkowane jest rzetelnością informacji uzyskiwanych z różnych dziedzin działalności oraz szybkim dostępem do tych informacji.

Dotychczasowe metody przenoszenia informacji z dokumentów źródłowych z uprzednim przygotowaniem danych na nośnikach maszynowych (kartach dziurkowanych, taśmach dziurkowanych) stały się czynnikiem hamującym szybkość przetwarzania ze względu na:

- ograniczoną przepustowość przygotowania danych,
- znaczny udział operacji manualnych,
- niebezpieczeństwo wprowadzenia błędnych danych,
- utrudnienie aktualizacji zbioru.

Ponieważ zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej uznać jednak należy za przedsięwzięcie niezbędne do usprawnienia organizacji i zarządzania przedsiębiorstw, należy dostosować metody zbierania informacji do możliwości ETO, aby metody te nie powodowały wydłużenia technologii przetwarzania i tym samym czasu dostępu do informacji. Wobec ciągłych zmian asortymentu wyrobów, rozbudowy bazy wytwórczej i systematycznej specjalizacji programów produkcyjnych, śledzenie zajść i zmian zachodzących w przedsiębiorstwie ma zasadnicze znaczenie. Istotne jednak jest, aby zmiany te rejestrowane były w czasie i miejscu ich zaistnienia, a urządzenia służące do rejestracji eliminowały mankamenty dotychczasowych metod zbierania danych.

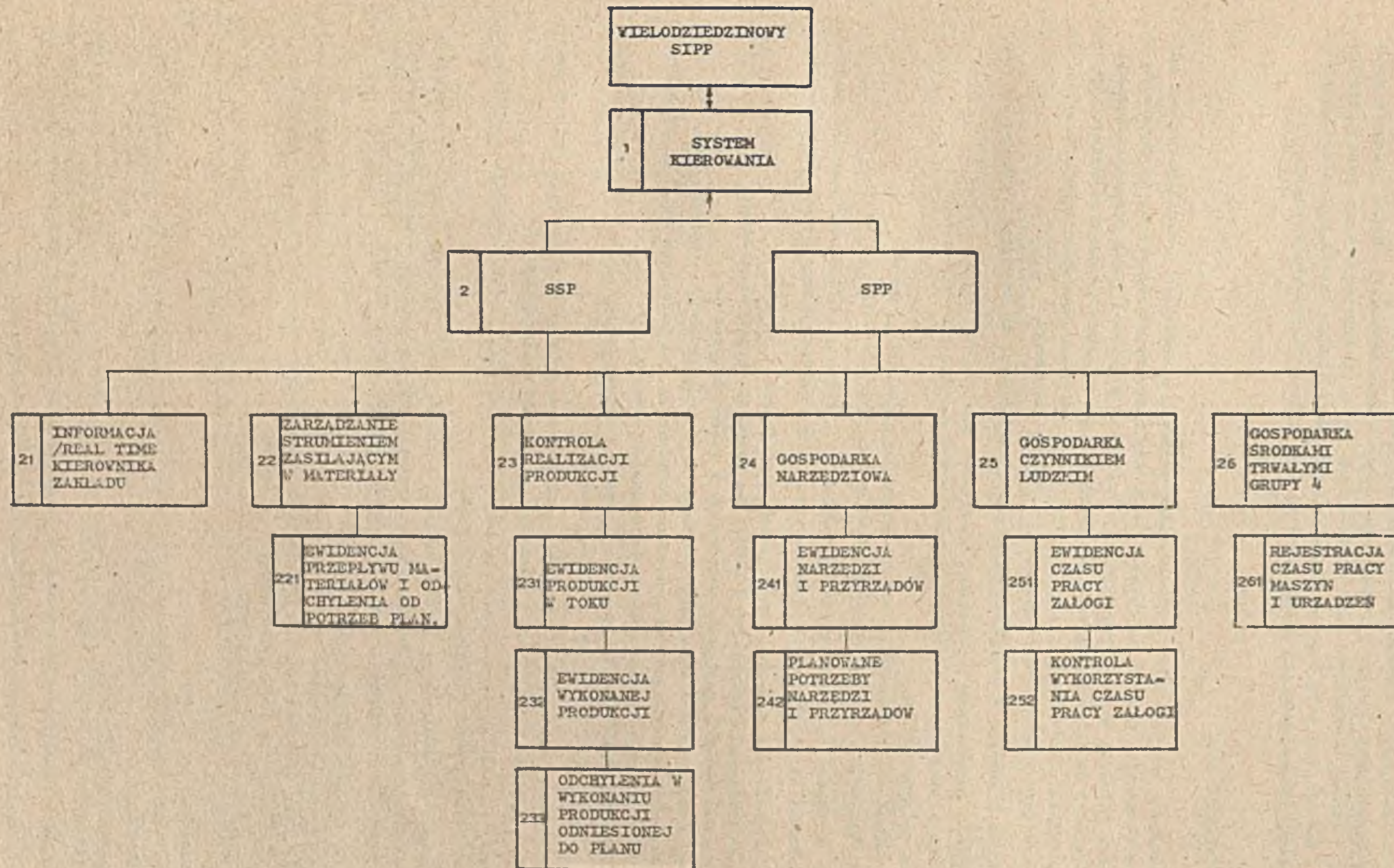
Systemy z urządzeniami do wprowadzania danych zainstalowane między produkcją a komputerem mogą przyczynić się do zautomatyzowania sposobu zbierania danych u źródeł ich powstania np. w produkcji, magazynach, dyspozytorniach itp.

Miejsce systemów sterowania produkcją w ogólnym systemie zarządzania przedsiębiorstwem

System sterowania produkcją SSP w hierarchicznej strukturze zarządzania zajmuje drugie miejsce po systemie kierowania. Przyjmując dla systemu informatycznego cztery stopnie struktury tzn. system, podsystem, jednostka funkcjonalna, moduł - SSP jest podsystemem w stosunku do systemu kierowania, który z kolei jest podsystemem w stosunku do zintegrowanego wielodziedzinowego systemu zarządzania.

W systemach informatycznych podsystemy obejmują określone, tematyczne dziedziny zastosowań, np. ewidencję produkcji, gospodarkę środkami trwałymi; mogą też obejmować główne funkcje zarządzania, np. planowanie i sterowanie. Strukturę takiego systemu kierowania, nawiązując do prac prowadzonych w IKSAiP, przedstawiono na rys. 1. Struktura ta jest elastyczna, ma charakter otwarty. W miarę potrzeb można wprowadzać do niej kolejne dziedziny działalności przedsiębiorstwa, uzupełniając strukturę i nie burząc uprzednio ustalonego porządku. Podział systemu na mniejsze jednostki funkcjonalne ma liczne zalety. Możliwe jest wtedy działanie na mniejszej ilości danych. To z kolei pozwala na użycie minikomputerów, decentralizację regulacji i sterowania przebiegiem produkcyjnym, ułatwia prowadzenie dialogu z komputerem oraz umożliwia podejmowanie decyzji przez personel produkcyjny.

Zadaniem informatycznego systemu kierowania jest dostarczenie kierownictwu aktualnych, bieżą-



Rys.1. Struktura systemu kierowania. SIPP - system informatyczny przedsiębiorstwa przemysłowego, SSP - system sterowania prosukcją, SPP - system planowania produkcji

cych informacji umożliwiających kontrolę i sterowanie produkcją. Wymagania te mogą być spełnione gdy zainstalujemy odpowiednie zestawy urządzeń wyposażone w sieć terminali, które w sposób prosty, kontrolowany, w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do rzeczywistego rejestrują dane, potrzebne do kierowania. Zestaw taki wraz z jednostką sterującą terminalami i centralną jednostką sterującą oraz odpowiednim oprogramowaniem można określić jako system sterowania produkcją.

Opis systemu i jego elementów

Przy już istniejącym lub wdrażanym informatycznym systemie zarządzania przedsiębiorstwem można wdrażać system sterowania produkcją. Istotne jest, aby pierwsze wdrażane były te jednostki funkcjonalne, które stanowią bazę informacyjną dla innych. W pierwszej fazie system sterowania produkcją będzie służył do zbierania danych ilościowych o materiałach, stanach materiałowych, detalach i ich stanach dla celów ewidencyjnych, a regulacja przebiegu produkcji będzie możliwa przy równoczesnym korzystaniu z tradycyjnego systemu planowania produkcji.

System sterowania produkcją w pierwszej fazie będzie realizował następujące funkcje:

- zbieranie danych o zdarzeniach i decyzjach w obszarze produkcji,
- kontrolowanie na bieżąco i weryfikowanie wprowadzanych danych,
- aktualizowanie zbiorów danych,
- wykrywanie i sygnalizowanie odchyleń materiałowych od planowanego stanu,
- redagowanie i wyprowadzanie zbiorów dla systemu nadrzędnego.

Dla sprawnego działania systemów sterowania produkcją i kierowania, istotne jest opracowywanie w pierwszej kolejności tych jednostek strukturalnych, które realizują następujące funkcje:

- zakładanie i aktualizacja podstawowych kartotek bazy danych,
- planowanie zapotrzebowania materiałów i detali na potrzeby planów okresowych,
- sterowanie zapasami wyrobów gotowych, materiałów i części zamiennych,
- określanie zapotrzebowania na narzędzia potrzebne do wykonania zadań produkcyjnych,
- planowanie zdolności produkcyjnej dla uzyskania informacji, na podstawie których można prawidłowo dysponować i planować rozłożenie pracochłonności w czasie,
- funkcje kontroli przebiegu procesu produkcji, dostarczające informacji i pozwalające ocenić postęp robót i podejmowanie decyzji regulacyjnych [3].

Po wdrożeniu systemu i wyciągnięciu praktycznych wniosków funkcje systemu mogą być rozszerzane w miarę rozwoju systemu nadrzędnego i konkretnych wymagań użytkownika.

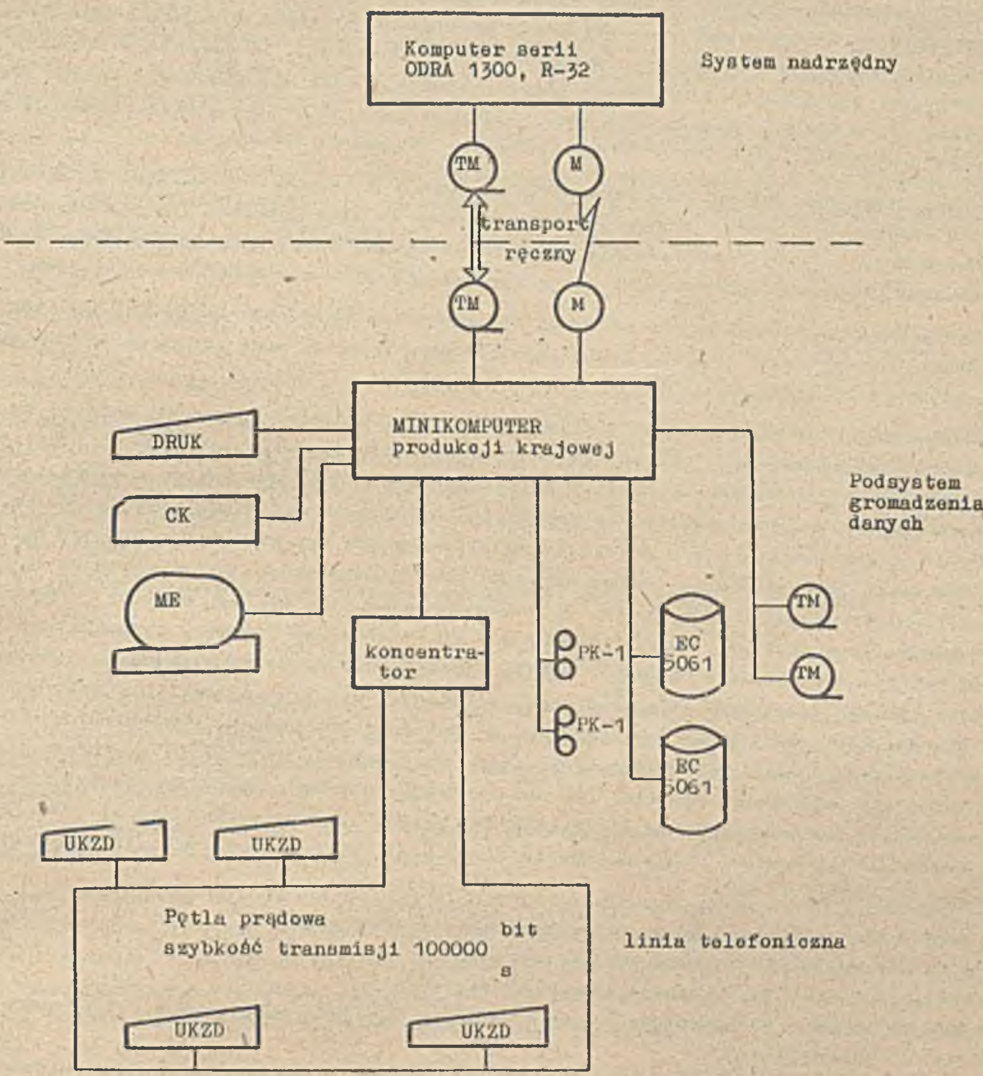
Do realizowania funkcji systemu sterowania produkcją niezbędna jest odpowiednia konfiguracja sprzętu oraz określony sposób rejestrowania danych.

Konfiguracja sprzętu uzależniona jest od miejsca i obszaru zastosowania w przedsiębiorstwie. Typowy zestaw do obsługi stanowisk produkcyjnych informujący o przebiegu wykonywanych operacji i o przepływie strumieni materiałów i detali, sprowadza się do następujących urządzeń:

- minikomputera - centralna jednostka sterująca,
- multipleksera zwanego koncentratorem,
- urządzeń końcowych zbierania danych (UKZD), zwanych terminalami,
- monitorów ekranowych ME np. typu MERA-7950,
- drukarki z klawiaturą np. DZM-180 KSRE,
- pamięci taśmowej np. PT-105,
- pamięci kasetowych np. PK-1,
- czytnika kart (CK) np. DARO 1220,
- drukarki DZM-180,
- pamięci dyskowych np. EC 5061, 30 MB ,
- innych w zależności od wymagań użytkownika.

Liczba terminali i monitorów ekranowych jest uzależniona od potrzeb użytkownika.

Konfigurację sprzętu systemu sterowania produkcją przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Konfiguracja sprzętu systemu sterowania produkcją

Centralna jednostka sterująca służy do sterowania systemem zbierania danych, gromadzi i przetwarza wg programów informacje zebrane z produkcji, magazynów i komórek sprzężonych z systemem. Informacje zebrane na nośnikach (taśmach magnetycznych, dyskach magnetycznych, taśmach magnetycznych kasetowych) stanowią materiał do dalszego przetwarzania w systemie nadrzędnym lub też są źródłem informacji dla kierownictwa przedsiębiorstwa. Sposób zbierania danych na nośnikach i przekazywanie ich w tej postaci do komputera nadrzędnego spowodowane jest brakiem połączenia bezpośredniego z systemem nadrzędnym. Gdy centralną jednostkę sterującą połączy się za pośrednictwem modemów z komputerem nadrzędnym, wówczas informacje mogą być bezpośrednio transmitowane w obu kierunkach.

System nadrzędny może być zasilany danymi z produkcji i obiegu materiałowego i odwrotnie może otrzymywać informacje - decyzje, potrzebne do sterowania produkcją.

Sterowanie produkcją w układzie autonomicznym może być prowadzone w sposób ograniczony czasowo i w ograniczonym zakresie informacji.

Pamięć operacyjna minikomputera, w dużym stopniu wykorzystywana na programy sterujące i konwersacyjne znacznie ogranicza możliwości uzyskania informacji mających zasadnicze znaczenie w planowaniu (zwinięcie, rozwinięcie wyrobów, operatywny plan produkcji). Do momentu połączenia SSP z systemem nadrzędnym, emitowanie operatywnych planów produkcji musi się odbywać w sposób tradycyjny, a porównanie ich z danymi uzyskanymi z terminali umożliwia na tej podstawie regulację realizacji zadań produkcyjnych.

Gdy jednostkę sterującą połączy się linią teletransmisji z komputerem nadrzędnym, korzystanie z informacji o operatywnym planie produkcji, przesyłanych do minikomputera lub porównywanie ich w systemie nadrzędnym i przesyłanie wyników przez minikomputer do urządzenia końcowego (monitor ekranowy, drukarka) umożliwi operatywną i pełną regulację realizacji zadań produkcyjnych.

Multiplekser, zwany koncentratorem, służy do sterowania urządzeniami końcowymi zbierania danych (terminalami) połączonymi w pętlę linią telefoniczną. W pętli może pracować od kilkunastu do kilkudziesięciu terminali.

Terminale służą do zbierania danych. Urządzenia te muszą być dostosowane do pracy w trudnych warunkach produkcyjnych, bez specjalnych wymagań temperaturowych, wilgotnościowych i in. Niewielki ciężar i wymiary to ich dodatkowe zalety. Pulpit terminali jest wyposażony w klawiaturę numeryczną, pozwalającą na wprowadzanie danych zmiennych, np. ilości materiału przyjętego lub wydanego. Dane stałe nie zmieniające się w czasie tygodnia, miesiąca czy roku wprowadza się do systemu z kart perforowanych lub żetonów za pomocą czytnika kart identyfikacyjnych i czytnika żetonów. Czytnik kart identyfikacyjnych może czytać 16 kolumn (opcjonalnie więcej) z karty 80-kolumnowej. Danymi stałymi mogą być np. identyfikatory materiału indeksy, numery rysunków detali, kod karty, identyfikator urządzenia końcowego. Informacje umieszczone na plastykowym żetonie, to najczęściej identyfikator pracownika pobierającego, wydającego materiał z magazynu, pracownika wchodzącego do przedsiębiorstwa itp. [4] Oprócz tego na pulpicie urządzeń końcowych zbierania danych umieszczony jest czytnik kart instruktażowych, który na podstawie kodu karty uruchamia w mikrokomputerze terminala odpowiedni program, charakterystyczny dla określonej transakcji. Po zidentyfikowaniu kodu karty z kodem instrukcji, zostaje ona wyświetlona na wyświetlaczu, jako instrukcja postępowania dla operatora. Celem dokonania transakcji np. przyjęcia materiału operator wykona następujące operacje:

- wczyta żeton (identyfikator) pracownika, komórki organizacyjnej,
- wczyta i nałoży kartę instruktażową (typ transakcji),
- wczyta kartę identyfikującą (dane stałe o materiale),
- wprowadzi dane zmienne z klawiatury (jednostka miary w kodzie numerycznym, ilość przyjmowanego materiału - numerycznie),
- wprowadzi informację sterującą np. START, WYKONAJ (postać informacji sterującej pozostaje do uzgodnienia z programistą) [3].

Możliwość czytania z karty 80-kolumnowej tylko 15 znaków stanowi pewne ograniczenie we wprowadzeniu informacji, dlatego też istotne jest opracowanie specjalnych, skróconych kodów identyfikujących materiały, numery rysunków detali, kody operacji tak, aby je można było wprowadzić; natomiast w celu wprowadzania danych z pełnymi numerami identyfikacyjnymi (np. indeks materiałowy) należy opracować specjalny program porównujący kod skrócony z kodem pełnym.

Korzyści z wdrożenia SSP

Wdrożenie systemu sterowania produkcją niesie z sobą rozliczne korzyści dla przedsiębiorstwa.

- Dostarczanie systemowi nadrzędnemu informacji w czasie rzeczywistym (zbliżonym do rzeczywistego) daje szansę natychmiastowego zadziałania w układzie sprzężenia zwrotnego i zapobieżenia niewykonaniu planu produkcji.
- Bieżące obserwowanie stanów materiałowych pozwala na właściwe zadysponowanie materiałem i niedopuszczenie do braku materiałów na potrzeby planowe, a równocześnie zapobiega tworzeniu nieprzewidzianych zapasów ponadnormatywnych.

- Bieżący dopływ informacji o przebiegu procesu produkcyjnego dla takich dziedzin jak: techniczne przygotowanie produkcji, planowanie i kontrola realizacji produkcji, gospodarka materiałowa, ewidencja środków trwałych - daje możliwość wyeliminowania obowiązku prowadzenia inwentaryzacji ciągłych i okresowych, znanych jako prace żmudne i wywołujące nieporozumienia z tytułu niezgodności stanu księgowego ze stanem rzeczywistym.
- Zastąpienie uciążliwego sposobu przygotowania danych z dokumentów źródłowych na nośnikach maszynowych, kartach perforowanych, taśmach papierowych perforowanych znacznie skraca technologiczny czas przetwarzania informacji, co w chwili obecnej jest jednym z głównych mankamentów, obniżających efektywność wykorzystania systemów komputerowych.

Warunki realizacji i wdrożeń

Wdrożenie systemu do użytkowania jest przedsięwzięciem najtrudniejszym.

Warunkiem sprawnego wdrażania systemu sterowania produkcją jest spełnienie odpowiednich wymagań, zarówno ze strony służby projektowo-programowej, konstruktorów i osób uruchamiających sprzęt, jak też ze strony użytkownika, który podejmuje wdrożenie u siebie. W pracach wdrożeniowych systemu sterowania produkcją podobnie jak w systemie zarządzania, można wyróżnić następujące etapy uwarunkowane wzajemnie:

- przekazanie projektu technicznego oraz instrukcji wdrożeniowych eksploatacyjnych do użytkownika,
- przeprowadzenie szkolenia pracowników przedsiębiorstwa obejmującego:
  - szkolenie o charakterze ogólnym dla kadry kierowniczej komórek przedsiębiorstwa, związanych z eksploatacją systemu, z podaniem ogólnych wiadomości o systemie, tzn. o zakresie systemu, funkcjach, budowie, środkach technicznych, możliwości uzyskiwania informacji na urządzenia wyprowadzania informacji,
  - instruktaż szczegółowy dla pracowników komórek produkcyjnych i bezpośrednio związanych z organizacją systemu i eksploatacją urządzeń.

Szkolenie kadry kierowniczej ma za zadanie nie tylko przekazanie informacji o parametrach technicznych i możliwościach nowoczesnej aparatury, lecz także propagowanie nowych metod zarządzania. Przekonanie o słuszności tych metod pozwoli pokonać opory psychiczne u podległych pracowników. Poza tym już niejednokrotnie praktyka dowiodła, że tam gdzie kierownictwo jest zainteresowane i świadome celu, wdrożenie systemu jest łatwiejsze i rokuje duże nadzieje na prawidłową eksploatację i rozwój.

Należy ponadto mieć na uwadze, że wykonawca projektu systemu przed oddaniem go do użytkownika, powinien dokonać sprawdzenia wdrażanego zadania za pomocą przykładu kontrolnego, uzgodniwszy uprzednio zakres i skład informacji użytej do testowania z zainteresowanymi pracownikami przedsiębiorstwa. Próbna eksploatacja systemu powinna odbywać się w warunkach rzeczywistych, ze wzmożoną kontrolą sprzętu i analizą wyników oraz powinna być nadzorowana przez projektantów i grupę wdrożeniową.

Grupę wdrożeniową należy rekrutować z pracowników znających problematykę organizacyjną i gospodarczą przedsiębiorstwa oraz zasady projektowania i programowania. Poza tym ludzi tych powinny cechować: zdolność nawiązywania kontaktów z personelem użytkownika, takt i bezpośredniość.

Po zakończeniu próbnej eksploatacji i po uzyskaniu pozytywnych wyników oraz po przekazaniu systemu do eksploatacji bieżącej przez spisanie dwustronnego dokumentu - użytkownik rozpoczyna eksploatację bieżącą.

Uwagi końcowe

Takie systemy oparte na sprzęcie krajowym, wraz z terminalami, opracowywane są w IKSAiP, a pierwsze instalacje przewiduje się na przełomie 1979/1980 roku.

Literatura

[1] MARTIN J.: Dialog człowieka z maszyną cyfrową. Warszawa: WNT 1976

[2] BOCCHINO W.A.: Systemy informacyjne zarządzania. Narzędzia i metody. Warszawa: WNT 1975

[3] Praca zbiorowa. Komputerowy System Sterowania Procesem Produkcyjnym dla Zakładu Elektroniki CKSAiP MERA-ELWRO we Wrocławiu - maszynopis powielany. Wrocław 1975

[4] Materiały i prospekty firmy NOKIA-ELECTRONICS Finlandia.

doc.dr inż. Henryk ORLOWSKI
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów MERA

Doświadczenia MERA-PIAP we wdrażaniu układów automatyki komputerowej

Wstęp

Chciałbym podzielić się doświadczeniami z prac nad trzema układami komputerowymi opracowanymi przez MERA-PIAP, a mianowicie:

- centralnym układem sterowania i przetwarzania danych z zastosowaniem komputera w Janikowskich Zakładach Sodowych - przekazanym do eksploatacji w r. 1976,
- układem centralnej rejestracji i przetwarzania danych - obecnie uruchamianym w Cukrowni Krasnystaw oraz
- układem komputerowej kontroli obecności i czasu pracy METROCHRON-KKO - przekazanym do wstępnej eksploatacji w siedzibie Instytutu w połowie bieżącego roku.

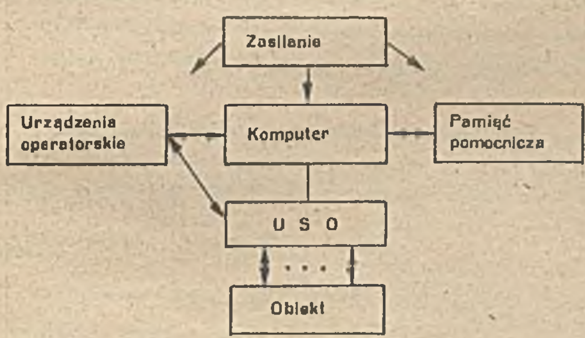
Każdy z tych układów pracuje w czasie rzeczywistym i w trybie on-line. Nie każdy jest układem automatyki w klasycznym znaczeniu tego terminu, ale jak na razie brakuje lepszego wspólnego terminu na określenie tej klasy układów.

W celu usystematyzowania prezentacji naszych doświadczeń we wdrażaniu tych układów, zgrupuję problematykę w następujące 4 działy:

- sprzęt,
- oprogramowanie,
- cele stosowania układów komputerowych
- współpraca z użytkownikiem.

Sprzęt

Komputerowe układy automatyki składają się z elementów sprzętowych jak na rys. 1.



Rys. 1. Struktura sprzętowa komputerowego układu automatyki

W JZS zastosowano komputer ODRA 1325J z pamięcią pomocniczą na czterech bębnach produkcji MERA-ELWRO, jako urządzenie sprzęgające z obiektem zestaw SMA produkcji MERA-ELMAT, urządzenia operatorskie pochodziły z podsystemu INTELMONITOR: były to pulpity operatora procesu technologicznego i nadajniki informacji cyfrowych. Zestaw był zasilany za pośrednictwem elektromaszynowej przetwornicy firmy AEG. Na obiekcie zainstalowanych jest kilkaset czujników pomiarowych dostarczających, po przetworzeniu, napięciowe i prądowe sygnały analogowe. Odbiornikiem sygnałów jest 45 stacyjek systemu INTEPNEAN sterujących analogowymi regulatorami pneumatycznymi.

W Krasnymstawie zastosowano ten sam komputer i urządzenia operatorskie, nie ma pamięci pomocniczej, urządzenia sprzęgające są typu INTELDIGIT-PI, zasilanie odbywa się za pośrednictwem tyrystorowej przetwornicy z Glina k.Otwocka. Z obiektu otrzymuje się 78 sygnałów analogowych, a ponadto 31 sygnałów impulsowych i 11 sygnałów dwustanowych, których obróbka polega na zliczaniu impulsów. Sygnałów wyjściowych do obiektu układ ten nie produkuje, ponieważ, jak sama nazwa wskazuje, jest to układ centralnej rejestracji i przetwarzania danych.

Komputerowy układ kontroli obecności i czasu pracy typu METROCHRON-KKO, którego prototyp zainstalowano w siedzibie MERA-PIAP, zawiera minikomputer MERA-306 z pamięcią pomocniczą dyskową

- dla użytkownika istotne jest posiadanie wyczerpującego zbioru programów testujących;
- ważną, a jednocześnie kłopotliwą sprawą jest dobra dokumentacja oprogramowania.

Cele stosowania komputerowych układów automatyki

W JZS komputer wykonuje następujące funkcje:

- monitoruje kilkaset punktów pomiarowych, alarmując obsługę w wypadku przekroczenia wartości granicznych,
- sporządza raporty o przebiegu produkcji, uprzednio wykonywane ręcznie,
- na życzenie operatora dostarcza informacji o wartościach parametrów w różnych punktach procesu,
- steruje optymalnie węzłem kolumn karbonizacyjnych (dotychczas uruchomiono sterowanie optymalne częścią kolumn).

W Krasnymstawie komputer ma wykonywać następujące funkcje:

- sporządzać raporty o przebiegu procesu w różnych horyzontach czasowych,
- wyliczać wskaźniki techniczno-ekonomiczne o przebiegu procesu,
- obliczać wartości parametrów niemożliwych do zmierzenia w sposób bezpośredni, jak np. ilość cukru na warsztacie,
- alarmować w wypadku przekroczenia przez wybrane parametry wartości granicznych.

W systemie METROCHRON-KKO pracownicy są wyposażeni w dziurkowane żetony, które wkładają do czytników żetonów. Czytniki konstrukcyjnie są identyczne, tzn. każdy z nich wyposażony jest w:

- właściwy czytnik,
- wyświetlacz 4- lub 5-cyfrowy ze znakiem "-" i kropką dziesiętną,
- 2 do 8 przycisków.

Funkcjonalnie nadajniki są podzielone na 3 grupy: normalne, uprzywilejowane i informacyjne. Do nadajników normalnych wkładają żetony ci pracownicy, którzy przychodzą i wychodzą o normalnej porze oraz ci, którzy wychodzą wcześniej, ale czas nieobecności będzie musiał być przez nich odpracowany. Nadajniki uprzywilejowane są usytuowane w komórce lub komórkach kadrowych przedsiębiorstwa. Jeżeli żeton pracownika zostanie włożony do takiego nadajnika, to wtedy komputer rejestruje odpowiednio fakt wejścia lub wyjścia pracownika, a ponadto nie obciąża go godzinami do odpracowania.

Nadajniki informacyjne są dostępne dla pracowników i zależnie od tego, który przycisk jest przyciśnięty po włożeniu żetonu informują pracownika np. o jego miesięcznym bilansie godzin, lub o tym, o której godzinie musi wyjść, aby w systemie z ruchomym czasem pracy wypełnić dzienną normę pracy.

W systemie METROCHRON-KKO komputer wykonuje następujące funkcje:

- może w każdej chwili poinformować o stanie obecności i nieobecności pracowników,
- bilansuje czas pracy pracowników w przyjętym horyzoncie czasowym (w MERA-PIAP jednego miesiąca),
- drukuje raporty kadrowe,
- w wolnym czasie od obsługi żetonów, wyświetla na czytnikach aktualny czas astronomiczny,
- sprawdza poprawność i legalność działań użytkowników żetonów.

Nasze doświadczenia z wdrożonych układów dotyczące celowości ich stosowania można ująć w następujących punktach:

- zagadnienie celowości stosowania komputera do celów rejestracyjnych i ewidencyjnych; jest to zastosowanie stosunkowo proste w realizacji, użytkownicy chwalą pożytek z układu komputerowego, ale określenie efektów ekonomicznych takiego przedsięwzięcia jest trudne lub niemożliwe;
- efektywne jest stosowanie komputera do sterowania optymalnego, ale realizacja takiego przedsięwzięcia jest trudna i czasochłonna;

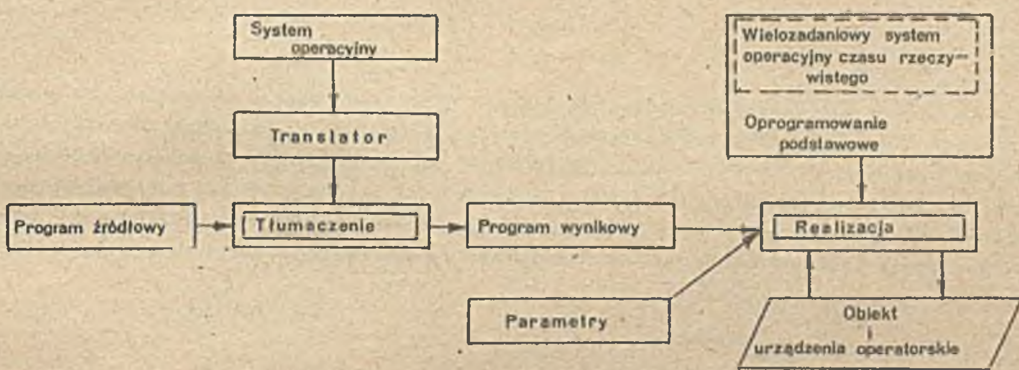
MERA-9425, urządzenia sprzęgające są typu INTELDIGIT-PI, zestaw jest zasilany z przetwornicy tyrystorowej pracującej z buforowo ładowanej baterii akumulatorów zasadowych. Łączność z obiektem, którym w tym wypadku są pracownicy Instytutu, zapewniają czytniki żetonów.

Nasze doświadczenia sprzętowe z wdrożonych układów można ująć w następujących punktach:

- konieczność ciągłej pracy układów narzuca wiele nowych wymagań dotyczących sprzętu, niespotykanych w klasycznych zastosowaniach informatyki;
- konstrukcja urządzeń powinna umożliwiać szybką i łatwą, dla średnio kwalifikowanego personelu, lokalizację uszkodzoń i wymianę uszkodzonych części;
- istotą, a jednocześnie trudną sprawą jest zasilanie sprzętu energią elektryczną; ponieważ często uważa się, że są to zagadnienia leżące w gestii inwestora, a nie dostawcy sprzętu komputerowego - tym większe mogą wystąpić trudności przy wdrażaniu układu;
- sprzęt musi być dobrany do warunków w pomieszczeniach, w których ma pracować.

Oprogramowanie

Strukturę oprogramowania komputerowych układów automatyki przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Oprogramowanie komputerowego układu automatyki

W JZS zastosowaliśmy system operacyjny EX2P, opracowany przez MERA-ELWRO oraz oprogramowanie podstawowe systemu SZPAK, opracowane w Instytucie. Źródłowe programy użytkowe były pisane w języku blankietowym SZPAK oraz w języku FORTRAN. Testy nie stanowiły spójnego systemu, ale były zbiorem indywidualnych programów dostarczonych przez producentów poszczególnych urządzeń oraz mechanizmów zawartych w systemie SZPAK.

W Krasnymstawie jest zastosowany system operacyjny EX2P oraz specjalizowany program SORT realizujący zadania CRPD. Oprogramowanie użytkowe to zbiór danych parametryzujących program SORT oraz programy obliczeniowe napisane źródłowo w języku FORTRAN. Specjalny program testowy umożliwia sprawdzenie poprawności działania wszystkich wejść do układu.

W układzie METROCHRON-KKO zastosowany jest system operacyjny PSOT opracowany w MERA-PIAP, a programy użytkowe są napisane w makroassemblerze. Testy są standardowe dla zestawów MERA-300-PI.

Nasze doświadczenia programowe z wdrożonych układów można ująć w następujących punktach:

- ze względu na nieuchronność zmian sprzętowych i funkcjonalnych układu w trakcie jego eksploatacji należy się liczyć z koniecznością zmian w oprogramowaniu;
- zmiany w oprogramowaniu powinny być łatwe do wykonania przez użytkownika, tzn. muszą być realizowane w językach wyższego poziomu;

- dyskusyjny jest problem czy układy komputerowe należy wdrażać w nowych obiektach, czy na już pracujących,
- układ komputerowy, jeżeli ma pracować, musi działać na rzecz załogi a nie przeciw niej.

Współpraca z użytkownikiem

Zagadnienia współpracy z użytkownikiem należą do najważniejszych, jeśli nie najtrudniejszych problemów związanych z wdrożeniem układów komputerowych. Przewijają się one przez wszystkie etapy realizacji. Na szczególne podkreślenie zasługują:

- dokładne ustalenie z użytkownikiem wymagań dotyczących układu,
- właściwa ocena potrzeb użytkownika i jego możliwości w wykorzystaniu i prowadzeniu eksploatacji określonego układu,
- przekonanie załogi użytkownika o korzyściach z zastosowania komputera,
- dostosowanie obiektu do współpracy z układem komputerowym,
- przeszkolenie personelu użytkownika we właściwej eksploatacji urządzeń, we wprowadzaniu drobnych zmian w sprzęcie i oprogramowaniu we własnym zakresie,
- opracowanie właściwych instrukcji i przeszkolenie operatorów pracujących na układzie,
- pozostawienie użytkownikowi odpowiedniej dokumentacji.

Zakończenie

Powyżej była mowa o dotychczas zakończonych pracach MERA-PIAP. Należy wspomnieć, że obecnie MERA-PIAP pracuje nad kompleksową automatyzacją sterowania produkcją w ZMP MERA-BLONIE. Układ tam zastosowany będzie m.in. zawierał układy METROCHRON-KKO dla kontroli obecności zarówno dla celów kadrowych, jak i na stanowiskach pracy, a w rozdzielni przedmontażowej zautomatyzowane podajniki magazynowe, opracowane w MERA-PIAP i produkowane przez MERA-ZAP-Ostrów. Ponadto układ ten będzie realizował liczne funkcje na bazie wielodostępnego systemu konwersacyjnego z komputerem R-32.

Literatura

[1] PACUT M.: Doświadczalne zastosowanie sprzętu KSAIP Polmatik do automatyzacji kompleksowej w JZS. Biuletyn MERA-PIAP 1978 nr 4-5

[2] MAŃKOWSKI T.: Komputerowy system kontroli obecności i czasu pracy. Biuletyn MERA-PIAP 1977 nr 3-4

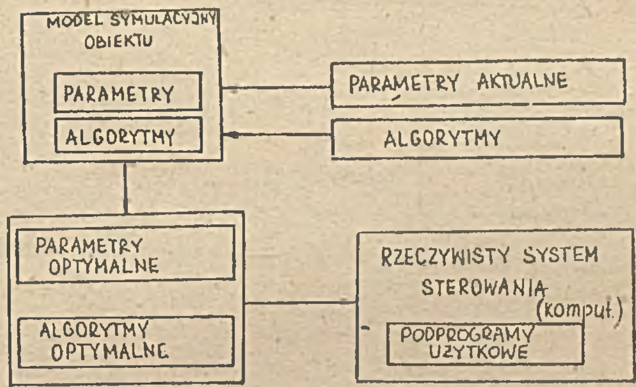
[3] BOROWICZ D.: Układ CRPD dla cukrowni. Biuletyn MERA-PIAP 1974 nr 1-2/45-46

mgr Ewa SZCZEP
mgr inż. Zbigniew POZNAŃSKI
Instytut Maszyn Matematycznych

Symulacja cyfrowa automatycznej linii produkcji gwintowników

Wstęp

W projektowaniu obiektowych systemów komputerowej automatyzacji coraz większego znaczenia nabiera stosowanie metody symulacji cyfrowej. Jest ona przydatna szczególnie wtedy, gdy procesy podlegające automatyzacji są bardzo złożone, a ich analityczne badanie nieskuteczne. Modele symulacyjne obiektów sterowania wykorzystuje się zwykle do optymalnego projektowania struktury tych obiektów, jak również do badania ich zachowania się przy różnych algorytmach sterowania. Pozwala to na wybranie najlepszego z nich. Modele tego typu dostatecznie wiernie odwzorowują rzeczywistość, stąd większa adekwatność uzyskanych rozwiązań. Wyznaczone metodą symulacji cyfrowej algorytmy sterowania wykorzystywać można jako podprogramy użytkowe w rzeczywistych komputerowych systemach sterowania (rys. 1).



Rys. 1. Schemat metody projektowania komputerowego systemu sterowania z wykorzystaniem modelu symulacyjnego

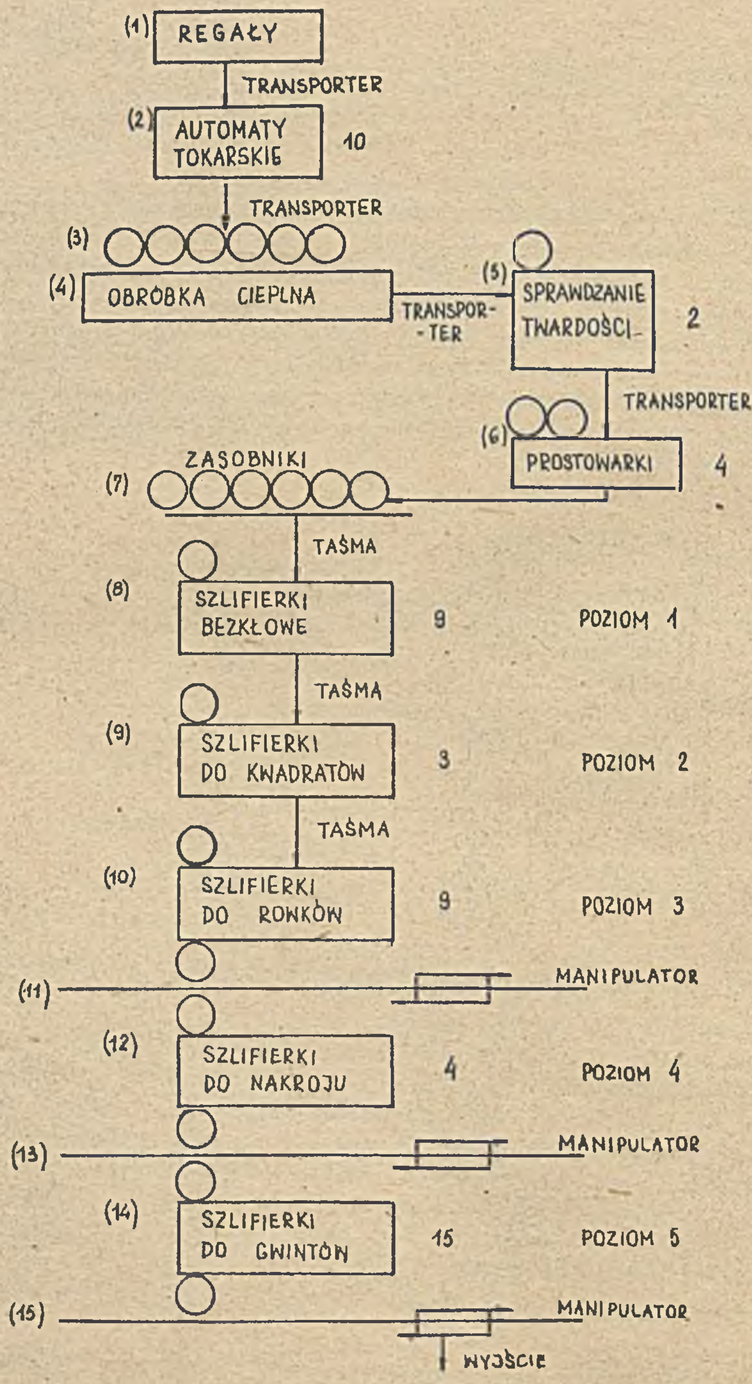
W pracy tej przedstawiono symulacyjny model automatycznej linii produkcji gwintowników ALPG. Proces produkcji gwintowników jest bardzo złożony, dlatego wyznaczenie algorytmów sterowania, jak również określenie jego organizacji implikują duże trudności. Model symulacyjny ALPG można wykorzystać na etapie projektowania samego procesu, np. do ustalenia optymalnej liczby obrabiarek, jak również podczas projektowania komputerowego systemu sterowania tym procesem. Do budowy modelu symulacyjnego ALPG wykorzystano język ukierunkowany problemowo Simula 67. Posłużył on do opisu obiektu sterowania, a następnie uruchomienia programów na EMC IRIS-80. Możliwości częściowego wykorzystania modelu zilustrowano przykładami eksperymentów. Pierwsza część eksperymentów dotyczyła wyboru algorytmów sterowania przepływem półfabrykatów, druga zaś wyboru suboptymalnej konfiguracji obrabiarek.

Model umożliwia jednak badanie wielu innych niesformułowanych tu problemów, z pewnością istotnych dla projektantów obiektowych systemów komputerowej automatyzacji.

Opis procesu produkcyjnego

Strukturę procesu produkcyjnego przebiegającego w projektowanej linii produkcji gwintowników

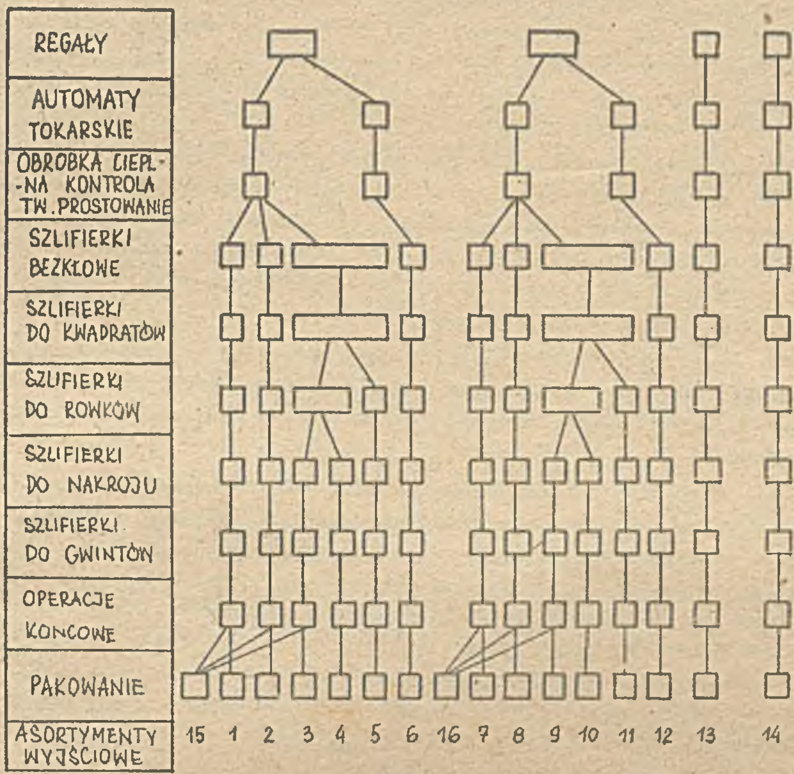
ilustruje rys. 2. Konfiguracja ta, jak również rozmieszczenie i pojemność magazynków buforowych, ustalono na podstawie doświadczenia projektantów oraz przeprowadzonych badań analitycznych (metodą Simplex).



Rys. 2. Schemat ALPG

Automatyczna linia produkuje 16 asortymentów gwintowników, wychodząc z 4 asortymentów prętów

o różnych średnicach. W trakcie produkcji powstają nowe półfabrykaty; praktycznie na każdym etapie procesu produkcyjnego można wytwarzać inną liczbę asortymentów. Schemat powstawania i przepływu półfabrykatów ilustruje drzewo asortymentowe (rys. 3). Chcąc np. otrzymać gwintowniki asortymentu 10, należy na odcinku szlifierek do rowków produkować asortyment 8, na odcinku szlifierek do kwadratów i bezkłowych - asortyment 7, natomiast automaty tokarskie powinny wykonywać asortyment 3 z prętów o asortymencie 2.



Rys. 3. Drzewo asortymentowe

Na wejściu do linii znajdują się dwa regały (1), z których każdy ma 12 półek i obsługuje po pięć automatów (2). Paczki prętów o odpowiedniej średnicy przewożone są z regałów do poszczególnych automatów tokarskich w chwilach, gdy wyrobienie poprzedniej wiązki zbliża się do końca. Na automatach wykonywanych jest sześć asortymentów otoczek, które są następnie transportowane, w zależności od asortymentu, do jednego z sześciu magazynków buforowych (3).

Do odcinka obróbki cieplnej (4) pobierany jest każdorazowo tylko jeden asortyment otoczek, ładowanych do palet, a po obrobieniu przekazywanych na przemian do dwóch pojemników wibracyjnych, umieszczonych przy dwóch urządzeniach do kontrolowania twardości (5). Spełniające wymagania kontroli otoczki kierowane są:

- do magazynków podajnikowych przy prostowarkach (6) (jeśli produkowane są gwintowniki długie),
- do jednego z dwóch zasobników - w zależności od asortymentu (jeśli produkowane są gwintowniki krótkie).

Prostowarka zaopatrzona jest w dwa bufory wejściowe, co umożliwia rozpoczęcie wykonywania, na odcinku obróbki cieplnej, następnego asortymentu i przechowywanie go w drugim buforze prostowarki aż do chwili wyrobienia poprzedniego asortymentu, kiedy to prostowarka ulega przezbrojeniu. Z prostowarek otoczki kierowane są do jednego z czterech zasobników, odpowiadających czterem asortymentom. W dalszym ciągu otoczki poddawane są wielu operacjom szlifierskim, podczas których powstają

nowe asortymenty (rys. 2), tak, że na końcu procesu produkcyjnego można otrzymać jeden z szesnastu rodzajów gwintowników.

Pierwsze dwie grupy szlifierek (poziomy 1 i 2) zaopatrzone są w magazynki podajnikowo wejściowe, do których toczki są przenoszone transporterami, umożliwiającymi pobieranie asortymentu z dowolnego zasobnika i połączenie dowolnie wybranych szlifierek z dwóch poziomów. Następne trzy grupy szlifierek (poziomy 3, 4 i 5) posiadają magazynki wejściowe i wyjściowe, przy czym otoczki są w nich składowane partiami po 60 sztuk. Magazynki wyjściowe jednego poziomu obrabiarek opróżniane są przez manipulator, który jednocześnie załadowuje magazynki wejściowe szlifierek następnego poziomu. Manipulator reaguje na zgłoszenie szlifierki, która kończąc wyrabianie zapasów z magazynku wejściowego wysyła sygnał o potrzebie załadowania go nową partią. Manipulator pobiera wówczas partię żądanych półfabrykatów z magazynku wyjściowego tej obrabiarki, wykonującej poprzednią operację, która ma największy ich zapas.

Dla zorganizowania przepływu otoczek przez linię podzielono proces produkcyjny na dwie części, z których każda pracuje według innych zasad. Pierwsza część procesu obejmuje odcinek automatów tokarskich i odcinek obróbki cieplnej wraz z kontrolą twardości i prostowaniem. Dla tej części linii przyjęto zasadę pracy opartą na kontrolowaniu stanu zapełnienia magazynków buforowych, z których każdy jest przewidziany dla jednego z sześciu, na stałe przyporządkowanego asortymentu półfabrykatów. Dodatkowo ma być zapewniona ciągła praca prostowarek.

Druga część procesu to odcinek obróbki szlifierskiej, w której magazynki buforowe między poszczególnymi operacjami szlifierskimi są związane z urządzeniami produkcyjnymi. Zasada pracy tej części linii ma zapewnić synchroniczne działanie szlifierek na wszystkich poziomach bez konieczności ciągłych przezbrojeń.

W związku z dużą bezwładnością pierwszej części linii, spowodowaną tym, że obróbce cieplnej może być każdorazowo poddawany tylko jeden asortyment oraz tym, że jest ona długotrwała (w zależności od asortymentu 8 do 12 godzin), obserwuje się słabą zależność obu części procesu produkcyjnego. Uwzględniając także dużą złożoność opisywanego procesu, oznaczającą przy uruchamianiu programu symulującego pracę linii, poważną zajętość pamięci i wydłużenie czasu wykonywania, celowe byłoby oddzielne modelowanie obu części linii. Zbudowano więc dwa modele symulacyjne, obejmujące strukturę ALPG wraz z algorytmami sterowania przepływem półfabrykatów. Duża modułowość modeli umożliwiła łatwą wymianę różnych algorytmów sterowania i w ten sposób - przy różnych planach produkcyjnych - przeprowadzenie dowolnych eksperymentów symulacyjnych.

Sformułowanie problemu

Dwa programy symulacyjne wiernie odtwarzają strukturę ALPG przez zamodelowanie poszczególnych urządzeń (składników fizycznych linii) i wytwarzanych półfabrykatów (otoczek). Algorytmy sterowania procesem produkcyjnym mają postać łatwo wymienialnych procedur, zdefiniowanych w poszczególnych obiektach. Struktura linii jest sparametryzowana i generuje się ją na podstawie zadanej z zewnątrz informacji o liczbie urządzeń.

Taka elastyczność programów umożliwia ich wykorzystanie jako narzędzia do przeprowadzania różnorodnych eksperymentów, dotyczących zarówno badania różnych algorytmów dla stałej struktury linii, jak i dobierania optymalnej konfiguracji urządzeń dla ustalonych algorytmów i zaplanowanej produkcji. Ta ostatnia możliwość staje się bardzo przydatna już na etapie projektowania linii produkcyjnych. Oba rodzaje eksperymentów przeprowadzono w prezentowanych modelach symulacyjnych.

Dla pierwszej części linii produkcji gwintowników postawiono problem porównania - w ustalonej przez projektantów strukturze linii - dwóch algorytmów rozdziału zadań na prostowarki, zapewniających ich ciągłą pracę, zsynchronizowaną z pracą wcześniejszych urządzeń. Porównano następujące algorytmy:

- algorytm losowy (random), wybierający z jednakowym prawdopodobieństwem jedną spośród czterech prostowarek do obsługi napływającej grupy otoczek;

- algorytm heurystyczny, wybierający do obsługi grupy otoczek o asortymencie A tę spośród czterech prostowarek, która ma najmniej zapełniony asortymentem A, jeden z buforów wejściowych lub w wypadku braku takiej prostowarki tę, która ma najmniej zapełniony drugi bufor.

W modelu drugiej części linii postawiono zadanie wyboru takiej konfiguracji obrabiarek, aby przy zapewnieniu ich określonego (zadanego) obciążenia wykonywały plan w jak najkrótszym czasie. W celu sformułowania problemu wprowadzimy następujące oznaczenia pomocnicze:

L_i^j - liczba obrabiarek na i-tym poziomie w j-tym eksperymencie, przy czym:

$\bar{L}_j = \langle L_1^j, L_2^j, L_3^j, L_4^j, L_5^j \rangle$ - konfiguracja obrabiarek w j-tym eksperymencie,

$\bar{L}_o = \langle L_1^0, \ldots, L_5^0 \rangle$ - konfiguracja obrabiarek, ustalona dla projektowanej linii (początkowa),

F_j - czas przepływu półfabrykatów w j-tym eksperymencie,

a_i^j - średnie obciążenie obrabiarek na i-tym poziomie w j-tym eksperymencie,

A_i^{dop} - minimalne dopuszczalne średnie obciążenie obrabiarek na i-tym poziomie.

Niech L_j, określające konfigurację obrabiarek w j-tym eksperymencie, będzie parametrem modelu symulacyjnego. Należy wyznaczyć taką konfigurację $\bar{L}^* = \langle L_1^*, \ldots, L_5^* \rangle$, dla której czas przepływu półfabrykatów przez linię jest najmniejszy, tzn.

$$F(\bar{L}^*) = \min_j \bar{F}(L_j), \quad \text{gdzie}$$

$$j \in \left\{ k : \forall (i \leq 5)(a_i^k \in A_i^{dop}) \right\}, \quad \text{przy czym dane jest:}$$

$$\bar{L}_o = \langle L_1^o, \ldots, L_5^o \rangle .$$

Dla otrzymanego rozwiązania $\bar{L}^*$ można badać zachowanie się funkcji F w zależności np. od algorytmów sterowania manipulatorami.

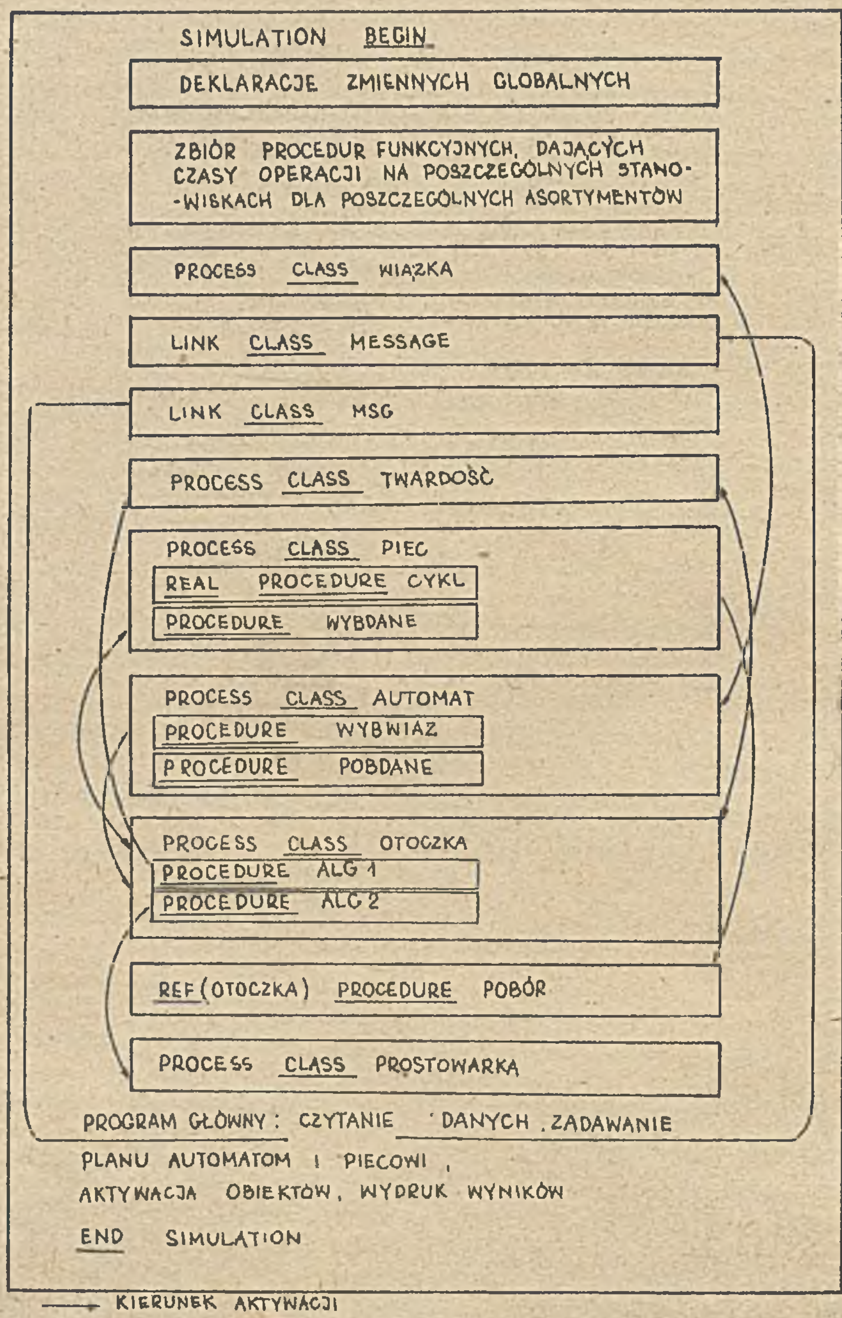
Proces poszukiwania rozwiązania metodą eksperymentów, ustalających liczbę szlifierek na kolejnych poziomach, ilustruje algorytm przedstawiony na rys. 7.

Model symulacyjny obiektu

Model symulacyjny linii ALPG, a właściwie dwa oddzielne modele, odpowiadające pierwszej (bardziej statycznej) i drugiej (bardziej dynamicznej) części linii, zapisano w języku Simula 67. Modele te stanowiły jednocześnie programy dla EMC IRIS-80. Strukturę obu programów z uwzględnieniem zdefiniowanych w nich obiektów, procedur i powiązań między nimi, ilustrują schematy "pudełkowe" (rys. 4, 5). Podczas tworzenia programów stosowano zasadę programowania strukturalnego, do której skłaniają właściwości języka Simula 67.

Wszystkie urządzenia, występujące w linii produkcji gwintowników, mają swoje odpowiedniki w programie w postaci obiektów, których definicja odtwarza, często w sposób uproszczony ale wystarczająco bliski rzeczywistości, ich działanie i współpracę z innymi urządzeniami. I tak, program opisujący pierwszą część linii zawiera definicje maszyn w postaci obiektów: PIEC, AUTOMAT, PROSTOWARKA, TWARDOŚĆ (stanowisko kontroli twardości), definicję surowca - obiekt o nazwie WIAZKA oraz produkowanego półfabrykatu - obiekt OTOCZKA. W tym ostatnim zawarto także algorytm jego transportu taśmowego. Zarówno automaty tokarskie, jak i piec mają zadany plan produkcji w postaci informacji o liczbie otoczek danego asortymentu do wykonania. W programie wiadomości te zawierają obiekty odpowiednio MSG i MESSAGE.

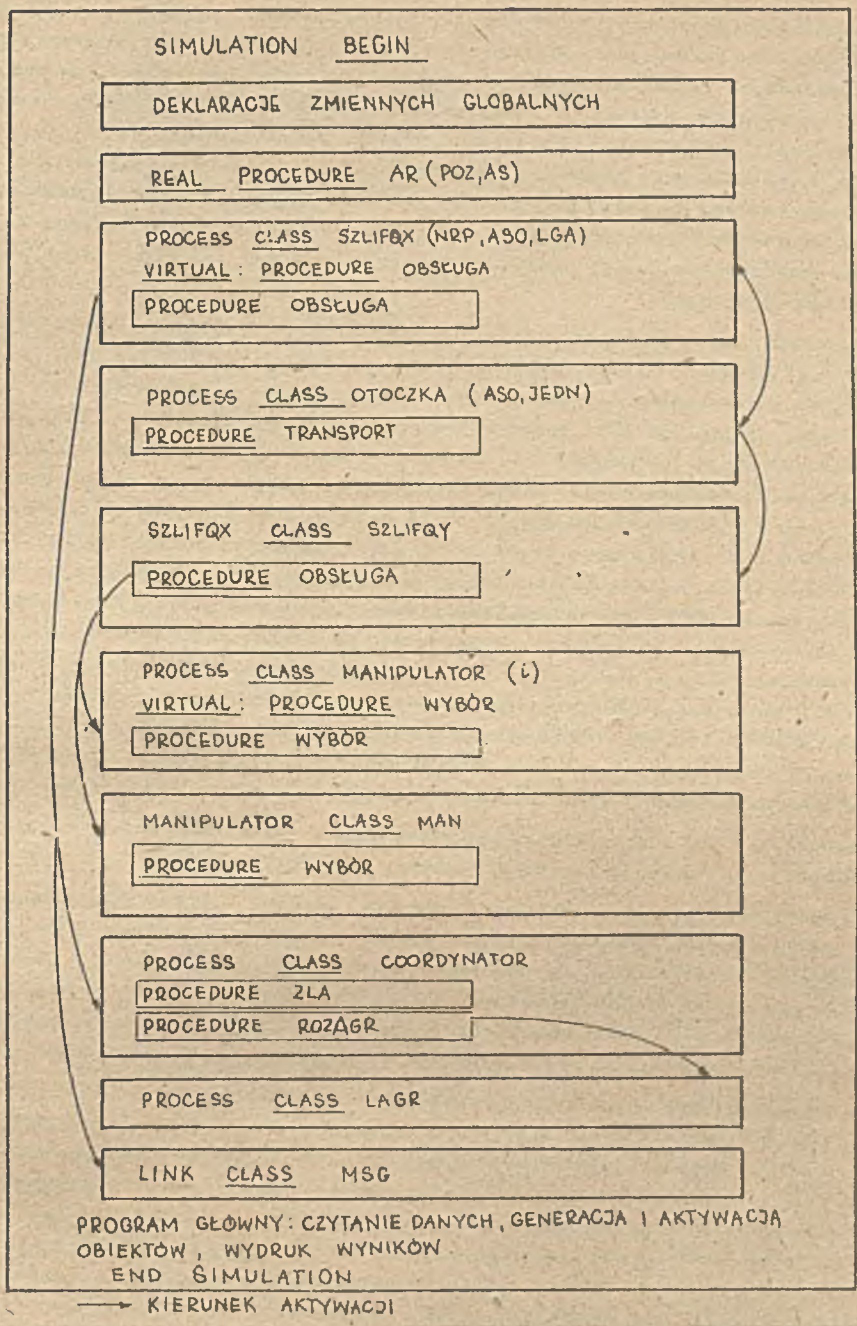
Realizacja planu odbywa się przez procedury: WYBRANE - dla pieca i PODDANE - dla automatu. Surowiec wejściowy dla całej linii, w postaci paczek prętów, jest pobierany z regałów przez automaty za pomocą procedury WYBWIAZ. Otoczki, wytworzone na poziomie automatów tokarskich, są transportowane do pieca nie pojedynczo, lecz w paletach po 144 sztuki w każdej. Realizuje to procedura POBOR.



Rys. 4. Model symulacyjny pierwszej części ALPG

Po wyjściu z pieca otoczki trafiają na jedno z dwóch urządzeń kontrolnych, a potem (pewne asortymenty) na jedną z czterech prostowarek. Przepływem otoczek przez te urządzenia sterują procedury: ALG1 (wybór stanowiska kontroli) oraz ALG2 (wybór prostowarki), zdefiniowane w obiekcie OTOCZKA. Łatwa technicznie wymiana treści procedur ALG1 i ALG2 (ze względu na modułowość programu) umożliwia przebadanie różnych sposobów sterowania przepływem otoczek przez wspomniane urządzenia oraz wybranie optymalnego (przy zadanym kryterium optymalizacji).

W programie modelującym drugą część linii produkcji gwintowników zdefiniowano następujące obiekty:



Rys. 5. Model symulacyjny drugiej części ALPO

- szlifiorki z poziomu 1 i 2, zawierające tylko magazynek wejściowy (SZLIFQX),
- szlifiorki z magazynkiem wejściowym i wyjściowym (SZLIFQY),
- manipulatory, poruszające się między poziomami 3, 4, 5 i wyjściem (rys. 1),
- otoczka, która przez procedurę TRANSPORT symuluje swoje przemieszczanie się za pomocą transportera taśmowego, przenoszącego półfabrykaty między tymi poziomami szlifiorek, gdzie nie ma manipulatorów.

Mechanizm wirtualności umożliwia procedurze wirtualnej OBSLUGA, raz dokonywanie obsługi otoczek według algorytmu zdefiniowanego w obiekcie SZLIFOX i odpowiadającego działaniu szlifierek bez magazynku wyjściowego, innym razem obsługiwanie otoczki według algorytmu, zgodnego z działaniem szlifierek z magazynkiem wyjściowym i zapisanego w obiekcie SZLIFQY. Ten sam mechanizm pozwala rozróżnić działanie manipulatorów (procedura WYBOR), przemieszczających się między magazynkami szlifierek z dwóch kolejnych poziomów, od działania manipulatora, który realizuje transport otoczek z ostatniego poziomu do magazynu wyjściowego EXIT. Np. w pierwszym wypadku procedura WYBOR ustala harmonogram pracy manipulatora w ten sposób, że opróżnia najbardziej wypełnione magazynki wyjściowe szlifierki z danego poziomu i napełnia najmniej obciążone magazynki wejściowe szlifierek z poziomu następnego.

Dodatkowym obiektem, nie istniejącym fizycznie jako element linii jest COORDYNATOR. Symuluje on system koordynacji pracy linii dla zapewnienia jej synchronicznego działania. Obiekt ten jest informowany o każdej nieprawidłowości występującej na kolejnych poziomach obróbczych, przez wysyłane przez szlifierki wiadomości MSG. Koordynator rozpatruje te zgłoszenia w kolejności ich przybywania i przeprowadza akcje (procedury ZLA, ROZAGR) poprawiające synchronizm pracy szlifierek. Jeżeli na jednym z poziomów obrabiarka, która nie wykonała jeszcze planu dotyczącego danego asortymentu, znajduje się w stanie przestoju dłużej niż zadany czas T, wówczas koordynator - za pośrednictwem procedury ZLA - powoduje przezbrojenie jednej najmniej obciążonej szlifierki z poprzedniego poziomu na asortyment, w produkcji którego wystąpiła nierytmiczność. Po czasie przezbrojenia, symulowanym procesem LGR, przezbrojona szlifierka rozpoczyna produkcję otoczek nowego asortymentu, tzn. tego, na który nastąpiło zapotrzebowanie ze strony szlifierek na dalszych poziomach. Po całkowitym wyrobieniu danego asortymentu obrabiarki nie stoją bezczynnie lecz natychmiast powiadamiają koordynatora o wykonaniu swego planu. Koordynator przezbraja je wtedy na asortymenty, produkowane przez inne szlifierki z tego samego poziomu jeśli nie inicjuje się produkcji nowego asortymentu . Odbywa się to przez procedurę ROZAGR. Wszystkie jednostkowe czasy obróbki poszczególnych asortymentów na poszczególnych poziomach zawiera funkcyjna procedura AR.

Aby zaprezentować łatwość i naturalność programowania w języku Simula 67, omówimy przykłady podprogramów, symulujących pracę szlifierki i manipulatora (rys. 6, 7).

Praca każdej szlifierki polega na obróbce (obsłudze) otoczek, pobieranych z magazynka wejściowego QX. Jeśli jest on pusty, sprawdza się, czy został wyrobiony zadany dla tego asortymentu plan - przez porównanie bieżącej liczby otoczek (BLICO) z zadaną (LOT (ASO)). Jeśli planu nie wykonano szlifierka przechodzi w stan przestoju, zliczając sumaryczny czas przestoju za pomocą zmiennej TOC, przy czym CZAS określa moment rozpoczęcia przestoju. Gdy czas przestoju przekracza 5 jednostek, szlifierka informuje o tym koordynatora, umieszczając wiadomość MSG w kolejce Q.

Manipulatory poruszają się między różnymi poziomami urządzeń, toteż każdy z nich posiada parametr i, oznaczający poziom, z którego odbywa się transport. Działanie i-tego manipulatora opisane jest pętlą, w której dokonuje się wyboru odpowiedniej (o najmniej zapełnionym buforze QX) szlifierki z poziomu i + 1, której odpowiada zmienna SZ(i + 1,k) (jeśli brak takiej szlifierki manipulator przechodzi w stan przestoju). Następnie dokonuje się przez okres czas T (hold T) transportu partii otoczek (60 sztuk) do magazynku wejściowego QX, przy czym opróżniany jest (procedura out) magazynek wyjściowy QY tej szlifierki z poziomu i-tego, która obsługuje ten sam asortyment (czyli SZ(i,k)). Gdy szlifierka, której magazynek wejściowy QX jest wypełniony partią otoczek, znajduje się w stanie przestoju, działanie jej zostaje wznowione.

W ten sposób można opisać wszystkie urządzenia ALPG. Dzięki swej czytelności programy w języku Simula 67 stanowią bardzo dobrą dokumentację złożonych modeli symulacyjnych.

Eksperymenty symulacyjne

Budowa modelu symulującego strukturę i zachowanie się ALPG miała na celu dostarczenie dobrego narzędzia badawczego. Po uruchomieniu programów przeprowadzono pewne eksperymenty, których zakres i wyniki przedstawiamy poniżej. Dla pierwszej części procesu produkcyjnego:

```
process class  szlifQX (nrpoz, aso, lga);
  integer nrpoz, aso, lga;
   begin
     ¢ deklaracje zmiennych i procedury obsługa ¢
     while true do
     begin
        if QX. first = / = none then
        obsługa (. )     else
        begin
           if blico < lot (aso)   then
           begin
             czas: = time;
             passivate;
             toc:= toc + time - czas;
             if time - czas > 5 then
             begin
                new msg (.). into (Q);
                activate coordinator after current;
             end;
          end  else  begin
                        new msg(. ).into (-Q);
                        activate coordinator after current;
                        passivate;
                     end;
        end;
     end; ¢ while ¢
   end; ¢ szlifQX ¢
```

Rys. 6. Definicja procesu symulującego pracę szlifierki z magazynkiem wejściowym

- sformułowano algorytm rozdziału otoczek na stanowiska kontroli twardości, dążąc do ich maksymalnego wykorzystania;
- sformułowano dwa algorytmy rozdziału otoczek na prostowarki:
  - losowy, wybierający z jednakowym prawdopodobieństwem jeden z czterech agregatów,
  - heurystyczny, zapewniający równomierne obciążenie prostowarek.

Dla odcinka drugiego zaproponowano algorytm poszukiwania takiej konfiguracji obrabiarek na poszczególnych poziomach, aby przy zapewnieniu ich dostatecznego obciążenia wykonywały plan w jak najkrótszym czasie. Schemat algorytmu przedstawiony jest na rys. 8. Polega on na dekompozycji problemu minimalizacji czasu wykonania planu produkcji w ten sposób, że optymalną liczbę obrabiarek L_i^* na i-tym poziomie wyznacza się po uprzednim ustaleniu optymalnej liczby obrabiarek na poziomach 1, ... i-1, podczas gdy liczby obrabiarek na poziomach i + 1,... są zafiksowane i równe wartościom początkowym, tzn.

$$\min_j F(L_1^*, \dots L_{i-1}^*, L_i^j, L_{i+1}^0, \dots L_5^0).$$

W eksperymentach symulacyjnych przyjęto następujące dane.

```
process class    manipulator (i);
 integer i ;
  begin
  Ø  deklaracje zmiennych lokalnych Ø

  procedure wybór; Ø wybiera potrzebujący surowca agregat
            z poziomu i + 1 i realizuje ruch manipulatora
            od agregatu o najbardziej zapełnionym magazyn-
            ku wyjściowym  QY  z poziomu i-tego do wybra-
            nego agregatu z poziomu i + 1 Ø

  while true do
  begin
    wybór ;
    if  k = Ø then passivate
    else begin
           SY:- SZ(i, k) qua szlifQY . QY ;
           OT:- SY.first ;
           inspect  OT  do
           begin
             out ;
             hold (T); into (SZ(i + 1, k). QX);
             if  SZ(i + 1, k). idle then
             activate  SZ(i + 1, k);
           end;
         end;
   end; Ø while Ø
 end ; Ø manipulator Ø
```

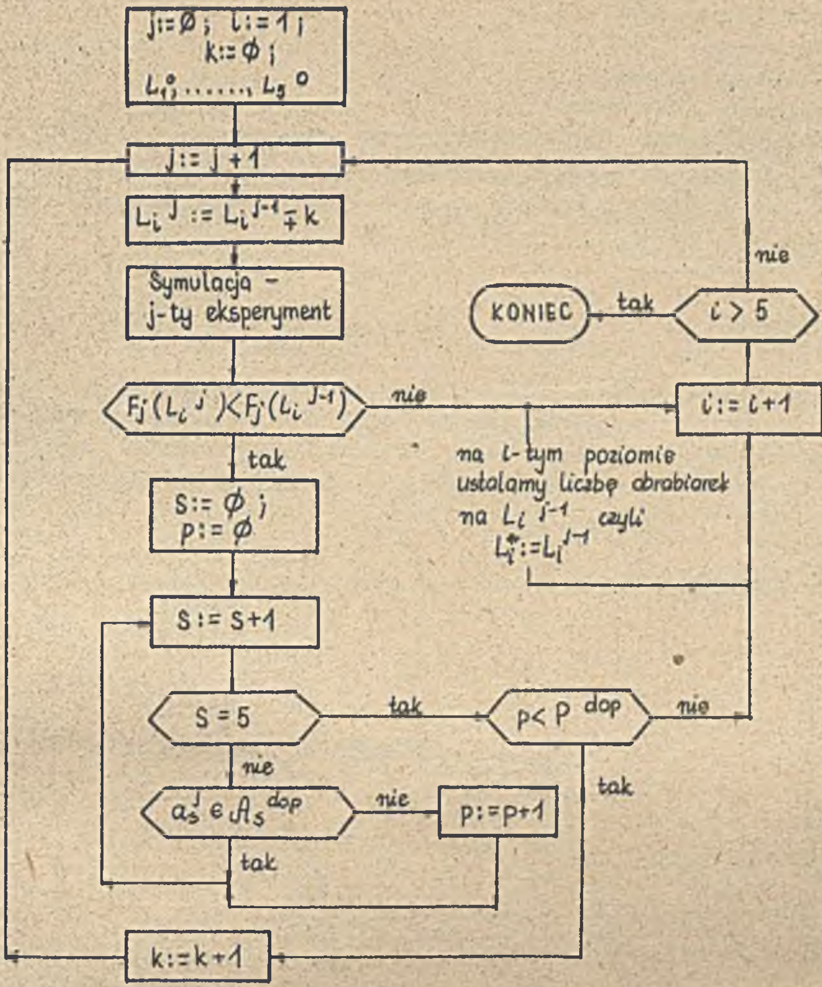
Rys. 7. Definicja procesu symulującego pracę manipulatora

Dla odcinka pierwszego

- liczba stanowisk na wszystkich poziomach (2 regały, 10 automatów tokarskich, 1 piec, 2 stanowiska twardości, 4 prostowarki), czasy operacji i czasy transportu - zgodnie z projektem koncepcyjnym,
- liczba produkowanych asortymentów - 2,
- zadana produkcja wyjściowa:
  - 14.400 szt. gwintowników asortymentu 7,
  - 11.520 szt. gwintowników asortymentu 14.

Produkcja gwintowników asortymentów 7 i 14 na wyjściu z linii oznacza produkowanie przez automaty i poddawanie obróbce cieplnej asortymentów 2 i 4 oraz pobieranie z regałów prętów o asortymencie 1 i 2 (według drzewa asortymentowego z rys. 3). Biorąc pod uwagę zadaną produkcję wyjściową oraz pojemność palet można wyznaczyć plan pracy pieca. Należy zatem poddać obróbce cieplnej 80 palet otoczek asortymentu 4 oraz 100 palet otoczek asortymentu 2.

Plan pracy dla automatów tokarskich z uwzględnieniem przezbrojeń ilustruje tab. 1.
Program symulacyjny odpowiadający pierwszej części linii zawiera 680 kart, w tym 20 kart wydruku. Czas jego wykonania, łącznie z kompilacją wynosi 1,3 min. W sumie symulowano 33 h pracy linii, a zatem zysk czasowy wynosił 1 : 1540.



Rys. 8. Algorytm poszukiwania rozwiązania

Tab. 1.

Nr automatu	Asortyment wejściowy (INTAS)	Asortyment wyjściowy (OUTAS)	Liczba wiązek (LW)
1	1	2	1
2	1	2	1
3	1	2	1
4	1	2	1
5	2,1	4,2	1,1
6	2,1	4,2	1,1
7	2	4	1
8	2	4	1
9	2	4	1
10	2	4	2

Dla odcinka drugiego

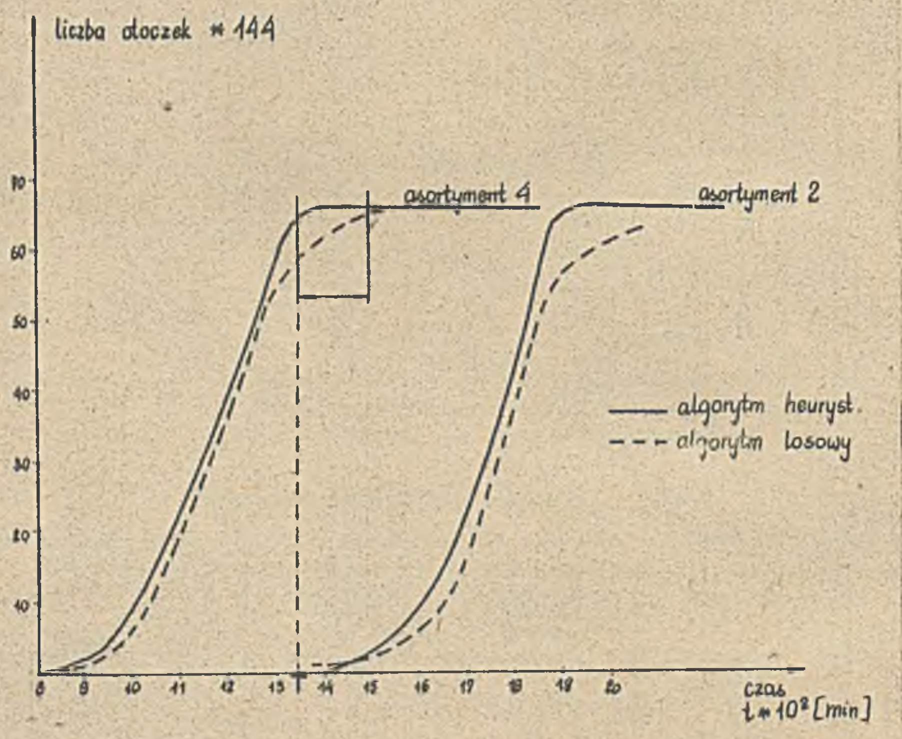
- liczba produkowanych asortymentów - 2,
- początkowa konfiguracja obrabiarek $\bar{L}_0 = \langle 9,3,9,4,15 \rangle$,
- średni czas jazdy manipulatora - 0,5 min,
- czasy transportu i wszystkie czasy obróbki na poszczególnych szlifierkach - zgodnie z projektem koncepcyjnym,

- numery produkowanych asortymentów: 1 i 13,
- zadana produkcja wyjściowa:
  - 7200 szt. gwintowników asortymentu 1,
  - 12000 szt. gwintowników asortymentu 13,
- dopuszczalne najmniejsze średnie obciążenie obrabiarki na danym poziomie - 75%.

Program symulacyjny, odpowiadający drugiej części linii zawiera 423 karty, w tym 64 karty wydruku. Czas jego przebiegu, włącznie z kompilacją wynosi 1,5 minuty. Symulowano 17,4 h pracy linii, a zatem zysk czasowy wynosił 1 : 700.

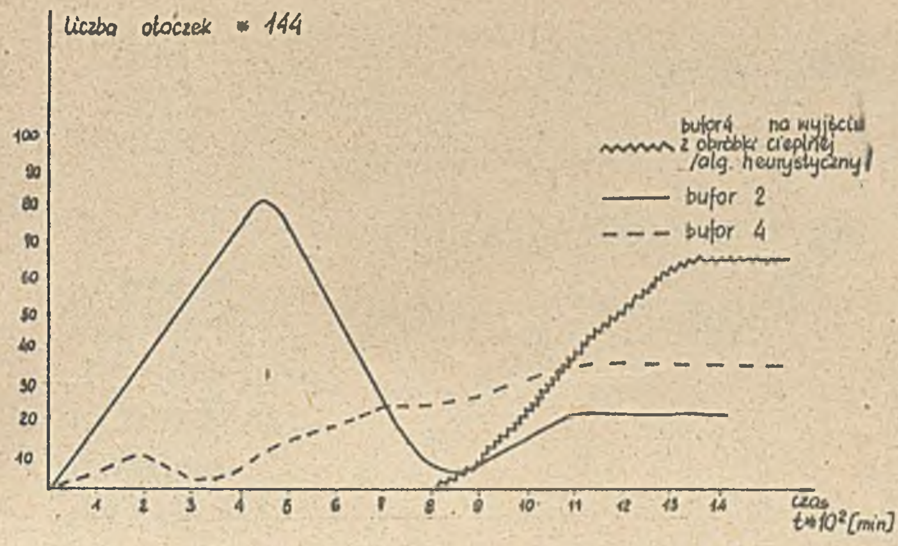
Przyklady wyników symulacji

Dla pierwszej części ALPG symulowano produkcję dwóch asortymentów gwintowników wg planu operatywnego zawartego w tab. 1. Rys. 9 ilustruje krzywo napełniania zasobników na końcu pierwszej części linii, dla dwóch algorytmów sterowania rozdziałem otoczek na prostowarki. Punkt T, w którym krzywa osiąga stan "nasycenia" oznacza chwilę zakończenia produkcji określonego asortymentu. Z

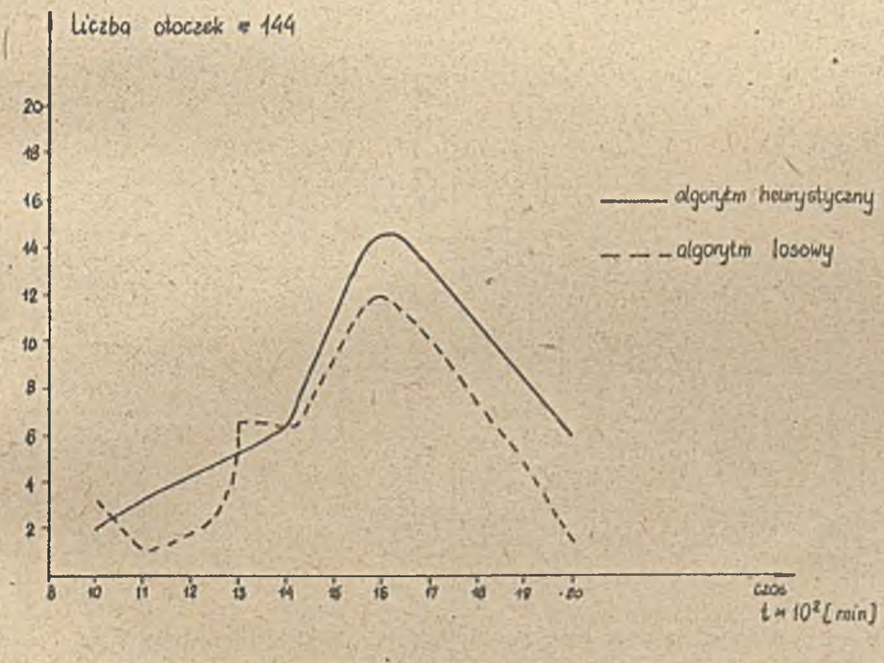


Rys. 9. Krzywa napełniania zasobników na końcu pierwszej części linii

porównania obu krzywych wynika, że algorytm heurystyczny daje wynik o ok. 20% lepszy, tzn. wydajność linii na pierwszym odcinku jest większa. Dodatkowym wynikiem eksperymentu jest uzyskanie rozkładu w czasie napełniania buforów wyjściowych obróbki cieplnej (rys. 10) oraz buforów wejściowych prostowarek (rys. 11). Widać tu (rys. 10), że przeciągająca się obróbka cieplna asortymentu 4 powoduje duże napełnianie bufora, przeznaczonego dla asortymentu 2 ($T = 4,5 * 10^2$ min). Należy stąd sądzić, że zaproponowany w punkcie "Eksperymenty symulacyjne" plan operatywny nie jest najlepszy. Model symulacyjny umożliwia jednak zbadanie zachowania się linii dla różnych "mieszanek asortymentów" produkowanych jednocześnie i określenie zarówno najlepszej z nich, jak również ta-



Rys. 10. Krzywa napełniania buforów wejściowych obróbki cieplnej

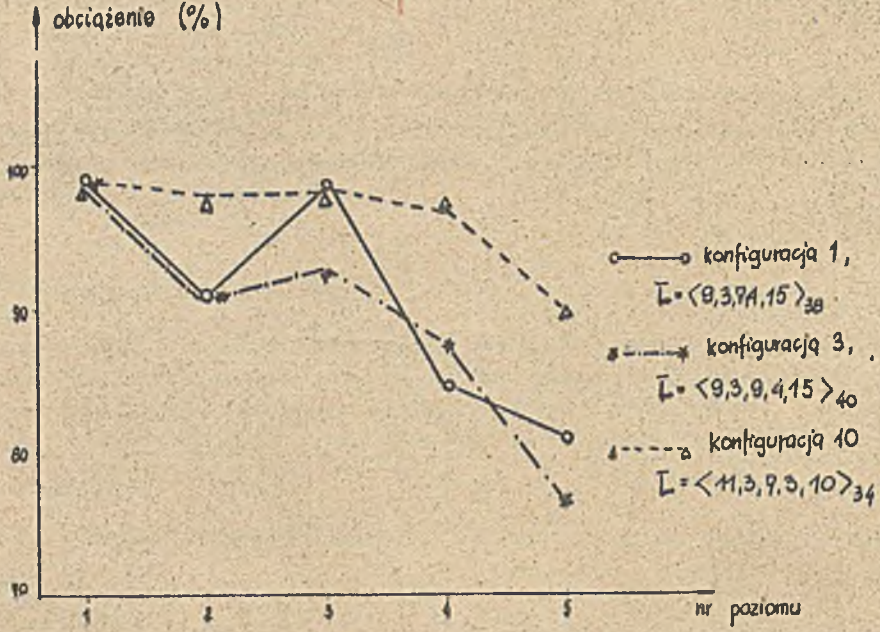


Rys. 11. Krzywa napełniania bufora wejściowego pierwszej prostowarki

kich algorytmów sterowania, które zapewniają synchroniczną pracę poszczególnych urządzeń linii, przy zachowaniu ograniczeń wynikających ze skończonej pojemności magazynków buforowych.

Przykłady wyników symulacji drugiego odcinka linii ilustrują tab. 2 i 3 oraz rys. 12. W wyniku działania algorytmu, przedstawionego w poprzednim punkcie, otrzymano 10 najlepszych, z punktu widzenia przyjętego wskaźnika jakości, konfiguracji obrabiarek na poszczególnych poziomach (tab.2). Należy zwrócić uwagę na fakt, że konfiguracja początkowa nie była najlepsza.

W tab. 2 przedstawiono także średnie obciążenie obrabiarek na wszystkich poziomach, dla każdej



Rys. 12. Wykres średnich obciążeń na poszczególnych poziomach w trzech przykładach rozwiązań

Tab. 2

l.p.	$\overline{L}$ = = $\langle L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 \rangle$					Liczba obrab.	F($\overline{L}$) (min)	Średnie obciążenie (%) urządzeń na poziomach				
								1	2	3	4	5
1	9	3	7	4	15	38	1045	99	90,64	98,5	82,99	80,45
2	9	3	7	4	14	37	1060	99	90,64	98,5	81,46	83,[illegible]
3	9	3	9	4	15 (o)	40	1075	99	90,64	93,55	86,05	76,7
4	9	3	7	4	13	36	1090	99	90,64	98,5	81,46	86,9
5	9	3	7	3	15	37	1105	99	90,64	98,5	96,91	76,13
6	9	3	7	3	14	36	1150	99	90,64	98,5	96,91	78,65
7	9	3	7	3	13	35	1180	99	90,64	98,5	96,91	81
8	12	5	7	3	10	37	1360	98,6	80	98,28	97,47	89,25
9	9	3	7	3	10	32	1375	99	90,64	93,55	96,91	89,25
10	11	3	7	3	10	34	1375	98,8	97,5	98,04	97	89,25

konfiguracji. Widać stąd, że gdyby jako kryterium przyjąć obciążenie obrabiarek, najlepszym rozwiązaniem byłaby konfiguracja nr 10, odznaczająca się także niewielką sumaryczną liczbą obrabiarek w linii (34 sztuki). Wykres obciążeń obrabiarek na poszczególnych poziomach dla trzech konfiguracji, obejmujący także konfigurację nr 10 ilustruje rys. 12.

Tab. 3

Lp.	L = ⟨L_1, L_2, L_3, L_4, L_5⟩	Średnie maksymalne zapełnienie buforów QX na poziomach 1	QX 2	QX, QY 3	QY 4	QY 5
1	9 3 7 4 15	3340	1920	1560 180	60	60
2	9 3 7 4 14	3340	1320	1560 60	540	60
3	9 3 9 4 15 (o)	3340	1320	1200 420	120	60
4	9 3 7 4 13	3340	1320	1560 60	540	60
5	9 3 7 3 15	3340	1320	1560 300	60	60
6	9 3 7 3 14	3340	1320	1560 300	540	60
7	9 3 7 3 13	3340	1320	1560 300	540	60
8	12 5 7 3 10	2040	755	1790 300	1140	60
9	9 3 7 3 10	3340	1320	1320 300	1140	60
10	11 3 7 3 10	2040	900	1560 300	1140	60

Tab. 3 ilustruje średnie zapełnienie magazynków buforowych wejściowych QX i wyjściowych QY. W poziomach 4 i 5 pominięto bufory QX, ponieważ z założenia mogły one pomieścić co najwyżej 120 sztuk otoczek. Z tabel wynika, że zapełnienia magazynków są znacznie mniejsze od założonych. Jest to wynik trochę zaskakujący, gdyż przypuszczano, że założona pojemność magazynków buforowych może być przyczyną asynchronicznej pracy linii.

Interesującym wynikiem jest także stosunkowo małe obciążenie manipulatora (30%), praktycznie nie zmieniające się pod wpływem zmiany algorytmów sterowania tymi urządzeniami.

Należy podkreślić, że przedstawione wyniki mają charakter jedynie ilustracyjny i nie dają podstaw do żadnych uogólnień.

Należałoby zatem zbadać zachowanie się linii dla różnych kombinacji asortymentów oraz różnych algorytmów sterowania. Przedstawiony model symulacyjny ALPG umożliwia tego typu badania, może być więc z powodzeniem wykorzystany na etapie projektowania linii.

Zakończenie

Symulacja cyfrowa jest niezbędnym elementem projektowania złożonych procesów produkcyjnych. W pracy przedstawiono model symulacyjny ALPG oraz przykład jego zastosowania. Model zbudowano w języku Simula 67, który okazał się niezwykle wygodnym i silnym narzędziem. Należy tu zaznaczyć, że nasze doświadczenie w zakresie wykorzystania tego języka do opisu symulacji złożonych procesów produkcyjnych są bardzo pozytywne. Umożliwia on budowę modeli o dużym stopniu modułowości. Jest to niezwykle ważne, szczególnie wtedy, gdy dąży się do rozszerzania modelu lub testuje się różne

warianty rozwiązań. Dotyczy to np. modelu ALPG, w którym wymieniono bloki podprogramów sterowania ruchem manipulatorów dla określenia ich wpływu na synchroniczną pracę linii. Godne uwagi jest także znaczna czytelność programów zapisanych w Simuli 67, np. model pracy szlifierki. Model symulacyjny ALPG umożliwia zatem wszechstronne badanie linii dla różnych konfiguracji obrabiarek oraz algorytmów sterowania poszczególnymi urządzeniami. Możliwe jest także symulacyjne badanie linii w sytuacjach awaryjnych oraz testowanie uruchamianych w takich sytuacjach algorytmów sterowania. Modułowość modelu pozwala na proste dołączenie bloku symulującego awarie.

Wydaje się nam także, że przedstawiony algorytm poszukiwania rozwiązań optymalnych z wykorzystaniem symulacji cyfrowej, można znacznie ulepszyć chociażby przez zastosowanie pojęć z teorii zbiorów rozmytych, a w szczególności uczących się automatów rozmytych. W aktualnej postaci model ALPG ma charakter deterministyczny, umożliwia jednak badanie linii w warunkach stochastycznych.

„KUMACZ-TEKST" U-191; 8203 A4

BRANŻOWY OŚRODEK INFORMACJI NAUKOWEJ TECHNICZNEJ I EKONOMICZNEJ
INSTYTUTU MASZYN MATEMATYCZNYCH
02-078 Warszawa, ul. Krzywickiego 34, tel. 21-84-41 w. 391

INTE udziela informacji
zakresu techniki komputerowej

NTE wydaje

nformacja ekspresowa
OBIEKTOWE SYSTEMY KOMPUTEROWE

przegląd dokumentacyjny
OBIEKTOWE SYSTEMY KOMPUTEROWE

biuletyn informacyjny
OBIEKTOWE SYSTEMY KOMPUTEROWE

eriały konferencyjne, szkoleniowe, prospekty

NTE gromadzi
awnictwa zwarte, czasopisma krajowe i zagraniczne, katalogi i prospekty, sprawozdania z prac
kowo-badawczych oraz inne materiały informacyjne

NTE wykonuje usługi reprodukcyjne i poligraficzne
kopie, mikrofilmy, kserokopie z zakresu posiadanych zbiorów

Cena zł. 840.-

WARUNKI PRENUMERATY

Prenumeratę na kraj przyjmują Oddziały RSW "Prasa-Książka-Ruch" oraz urzędy pocztowe i doręczyciele w terminie do dnia 25 listopada na rok następny.

Cena prenumeraty rocznej zł 840.

Jednostki gospodarki uspołecznionej, instytucje, organizacje i wszelkiego rodzaju zakłady pracy zamawiają prenumeratę w miejscowych Oddziałach RSW "Prasa-Książka-Ruch", w miejscowościach zaś, w których nie ma Oddziałów RSW - w urzędach pocztowych.

Czytelnicy indywidualni opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach pocztowych i u doręczycieli.

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę przyjmuje RSW "Prasa-Książka-Ruch", Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, konto PKO Nr 1153-201045.

Prenumerata ze zleceniem wysyłki za granicę jest droższa od prenumeraty krajowej o 50% dla zleceniodawców indywidualnych i o 100% dla zlecających instytucji i zakładów pracy.

INDEKS 35362